ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL

PROYECTO HIDROELÉCTRICO REVENTAZÓN

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1 Índice **i**

CAPÍTULO 2 **1**

2 Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA) 1

CAPÍTULO 3 **4**

3 Introducción 4

3.1 Marco conceptual 7
3.2 Objetivos 8
3.3 Metodología 8
3.3.1 Etapa de diagnóstico 8
3.3.2 Identificación de impactos 9
3.3.3 Valoración de impactos 11
3.3.4 Descripción de las acciones incluidas en la matriz de impactos 18

CAPÍTULO 4 **18**

4 Información general 18

4.1 Información sobre la persona física o jurídica 18
4.2 Información sobre el equipo profesional elaboró el EIA 21
4.3 Términos de referencia 50

CAPÍTULO 5 **50**

5 Descripción del Proyecto 50

5.1 Ubicación geográfica y político-administrativa 55
5.2 Justificación técnica del proyecto y sus opciones 55
5.2.1 Etapa de identificación 55
5.2.2 Etapa de prefactibilidad 56
5.2.3 Etapa de factibilidad 56

5.3 Descripción general del proyecto 58
5.3.1 Presa 62
5.3.1.1 Cara de concreto 65
5.3.2 Desvío del río 65
5.3.3 Vertedero 67
5.3.3.1 Cuenco de socavación del chorro del vertedero 71

5.4 Concordancia con el plan de uso de la tierra 71

5.5 Área estimada del proyecto y área de influencia 73
5.5.1 Área de influencia 73
5.6 Fases de desarrollo 77

5.7 Fase de construcción 77
5.7.1 Equipo y materiales a utilizar 179
5.7.2 Necesidad de recursos 211
5.7.3 Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales y peligrosos 227
5.7.4 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase 251

5.8 Fase de operación 253
5.8.1 Equipo y materiales a utilizar 253
5.8.2 Necesidad de recursos en esta fase 254
5.8.3 Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales y peligrosos 256

CAPÍTULO 6 **257**

6 Legislación y normas técnicas y ambientales que regulan el proyecto o el espacio físico en el que se desarrollará 257

6.1 Disposiciones constitucionales 257
6.2 Tratados internacionales 258
6.3 Ambiente 258
6.4 Construcciones 264
6.5 Regencias 268
6.6 Aguas 269
6.6.1 Aguas residuales 271
6.7 Energía 273
6.8 Transporte de carga 275
6.9 Suelos 276
6.10 Desechos 278
6.11 Permiso de funcionamiento 279
6.12 Contaminación 279
6.13 Salud Ocupacional 280
6.14 Patrimonio Histórico – Cultural 283
6.15 Corta de árboles en bosques y potreros 286
6.16 Expropiaciones 287

CAPÍTULO 7 **289**

7 Descripción del ambiente físico 289

7.1 Geología 289
7.1.1. Aspectos geológicos regionales 289
7.1.2. Modelo geotectónico 304
7.1.3. Estructuras geológicas locales 313
7.1.4. Rasgos principales y zonificación de los movimientos de masas 364
7.2 Geomorfología 376
7.2.1. Geoformas volcánicas de la margen izquierda del río Reventazón 377
7.2.2. Geoformas Colinadas denudacionales 380
7.2.3. Geoformas por procesos agradacionales 381
7.2.4. Procesos Morfodinámicos 385
7.3 Suelos 390
7.3.1. Inceptisoles 393
7.3.2. Ultisoles 402
7.4 Clima 405
7.5 Hidrología 419
7.5.1 Aguas superficiales 419
7.5.2 Agua subterránea 474
7.5.2.1 Principales unidades hidrogeológicas en el área del proyecto 475
7.5.2.2 Principales unidades hidrogeológicas en el Sitio de Presa 477
7.5.2.3 Principales unidades hidroegeológicas en el Túnel 480
7.5.2.4 Permeabilidad 483
7.5.2.5 Profundidad del nivel freático 486
7.5.2.6 Determinación de la susceptibilidad a la recarga acuífera 488
7.5.2.7 Áreas de descarga acuífera 493
7.5.2.8 Vulenerabilidad de los acuíferos alrededor de la presa 495
7.5.2.9 Investigación hidroquímica 498
7.5.2.10 Acueductos alrededor del proyecto 501
7.5.2.11 Consideraciones finales 516

7.6 Calidad de la atmósfera 517
7.6.1 Ruido ambiental 517
7.6.2 Fuentes emisoras de ruido 517
7.6.3 Control de la contaminación por ruido en Costa Rica 518
7.6.4 El ruido ambiental y el Prroyecto Hidroeléctrico Reventazón 518
7.6.5 Monitoreo de ruido en el AID del proyecto 519
7.6.6 Descargas atmosféricas 525

7.7 Amenazas naturales 527
7.7.1 Marco tectónico 528
7.7.2 Amenaza volcánica 564
7.7.2.1 Metodología 565
7.7.2.2. Síntesis geovulcanológica del macizo del Turrialba 568
7.7.2.3 Actividad volcánica en el Turialba 572

7.7.2.4 La amenaza y el riesgo volcánico hacia las obras y el personal 594
7.7.3 Movimientos en masa 601

CAPÍTULO 8 **602**

8 Descripción del ambiente físico 602

8.1 Introducción 602
8.2 Ambiente Terrestre 605
8.2.1 Cobertura vegetal 608
8.2.2 Fauna 626
8.3 Ambiente Costero 665
8.4 Ambiente Acuático 666
8.4.1 Vegetación 666
8.4.1.1 Área de influencia aguas arriba de la restitución 666
8.4.1.2 Área de influencia aguas abajo de la restitución 667
8.4.2 Fauna del sistema acuático 669

CAPÍTULO 9 **682**

9 Descripción del ambiente socioeconómico 682

9.1 Uso actual de la tierra en sitios aledaños 702
9.1.1 Descripción y delimitación del área de estudio 702
9.1.2 Análisis y actualización del “Uso actual de la tierra” dentro del área de estudio. 702
9.1.3 Análisis del uso de la tierra y el PH Reventazón 706
9.2 Tenencia de la tierra en sitios aledaños 706
9.3 Características de la población 710
9.3.1 Demográficas 710
9.3.2 Culturales y sociales 715
9.3.2.1 Área de influencia directa 715
9.3.2.2 Área de influencia indirecta 735
9.3.3 Características económicas generales 751
9.3.3.1 Área de influencia directa 751
9.3.3.2 Área de influencia indirecta 803

9.4 Seguridad vial y conflictos actuales por circulación vehicular 819
9.5 Servicios de emergencia disponibles 820
9.6 Servicios básicos disponibles 823
9.7 Percepción local sobre posibles impactos 829
9.8 Infraestructura comunal 849

9.9 Sitios arqueológicos 854
9.9.1 Patrimonio arqueológico 854
9.9.1.1 Antecedentes arqueológicos de la zona de estudio 855
9.9.1.2 Reporte de sitios arqueológicos en el área del proyecto Reventazón 856
9.9.1.3 Estrategia metodológica 857

9.9.1.4 Resultados de prospección arqueológica 858
9.9.1.5 Análisis de pendientes 907
9.9.1.6 Sitios singulares 908
9.9.1.7 Conclusiones 912

9.10 Sitios históricos y culturales 914
9.10.1 Análisis de la línea férrea 943
9.11 Paisaje 971
9.11.1 Introducción 971
9.11.2 Delimitación de la zona de estudio y metodología 971
9.11.3 Clasificación y descripción de las unidades paisajísticas 972
9.11.4 Belleza escénica 972
9.11.4.1 Valles fluviales y taludes 973
9.11.4.2 Zonas planas: características físicas y visuales 978
9.11.4.3 Zonas multiconvexas : características físicas y visuales 979
9.11.4.4 Volcán Turrialba 980
9.11.4.5 Barra del río Parismina 983
9.11.5 Singularidades naturales 985
9.11.5.1 Láminas de agua : Lagunas 987
9.11.5.2 Saltos de agua 990
9.12 Áreas socialmente sensibles 992

CAPÍTULO 10 **996**

10 Diagnóstico ambiental 996

10.1 Resumen del proyecto y las obras contempladas 996
10.1.1 Etapa de identificación 996
10.1.2 Etapa de prefactibilidad 996
10.1.3 Etapa de factibilidad 996
10.1.4 Descripción general del proyecto 997

10.2 Elementos del proyecto generados de impacto 998
10.3 Factores del medio ambiente susceptibles a ser impactados 1001
10.3.1 Factores biofísicos 1001
10.3.2 Factores socioeconómicos 1002

10.4 Identificación y pronóstico de impactos ambientales 1003
10.5 Impactos ambientales que producirá el proyecto 1003
10.5.1 Impactos físicos 1003
10.5.2 Impactos bióticos 1020
10.5.3 Impactos socioeconómicos 1055
10.5.4 Impactos sobre el patrimonio arqueológico 1071
10.5.5 Impactos sobre el patrimonio histórico 1072
10.5.6 Impactos sobre el paisaje 1073
10.5.7 Impactos acumulativos 1089
10.5.7.1 Geología, geomorfología, tierras, vulcanología 1089
10.5.7.2 Aguas subterráneas y superficiales 1090
10.5.7.3 Flora y fauna 1090
10.5.7.4 Socioeconómicos y culturales 1091

10.6 Mapas de susceptibilidad y de diagnóstico ambiental 1093

CAPÍTULO 11 1095

11 Evaluación de impactos y medidas correctivas 1095

11.1 Medio físico 1195
11.2 Medio biótico 1104
11.3 Medio socioeconómico 1113
11.4 Medidas para impactos acumulativos 1132
11.5 Análisis de impactos sinergísticos 1166
11.6 Síntesis de la evaluación de impactos ambientales 1167
11.6.1 Síntesis de impactos de la matriz principal 1168
11.6.2 Síntesis de impactos de la matriz de accesos 1171
11.6.3 Síntesis de impactos de la matriz de escombreras 1173
11.6.4 Síntesis de impactos de la matriz principal compensada 1175
11.6.5 Síntesis de impactos de la matriz de accesos compensada 1175
11.6.6. Síntesis de impactos de la matriz de escombreras compensada 1175
11.6.7. Impactos medio-proyecto 1180

CAPÍTULO 12 **1182**

12 Plan de Gestión Ambiental 1182

CAPÍTULO 13 **1248**

13 Plan de contingencia 1248

13.1 Análisis de susceptibilidad 1248
13.2 Medidas de contingencia 1251

CAPÍTULO 14 **1254**

14 Análisis financiero 1254

CAPÍTULO 15 **1256**

15 Calidad ambiental en las áreas de influencia del P.H. Reventazón 1256

15.1 Pronóstico de la calidad ambiental 1259

15.2 Síntesis de compromisos ambientales del proyecto y política ambiental del proyecto 1260

CAPÍTULO 16 **1264**

Monto global de la inversión. 1264

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Nº	Descripción	Pág.
3.1	Localización de las principales obras del PH Reventazón	2
4.1	Índice de Evaluación de Impacto Ambiental (Guía EIA)	21
5.1	Localización geográfica de las principales obras del PH Reventazón	54
5.2	Opciones de proyectos en la cuenca media baja del Río Reventazón	56
5.3	Costo del conjunto presa-vertedero-desvío en millones de dólares (cota máxima operación 275 m.s.n.m.	57
5.4	Ficha técnica del PH Reventazón Febrero 2008	60
5.5	Plan de Expansión de la Generación	61
5.6	Características de diseño de las obras de la subestación y transmisión del PH Reventazón	114
5.7	Detalles de las áreas del plantel central del proyecto	156
5.8	Período de ejecución por obra	161
5.9	Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales de la presa	165
5.10	Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales del túnel	166
5.11	Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales de la tubería y el tanque de oscilación	167
5.12	Áreas correspondientes a las instalaciones de la subestación	168
5.13	Descripción de las instalaciones provisionales	170
5.14	Infraestructura de la obra	173
5.15	Áreas totales para el estacionamiento de maquinaria móvil de la presa	175
5.16	Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de las obras subterráneas	175
5.17	Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil del Tanque de Oscilación y la Tubería de Presión	176
5.18	Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de la Casa de Máquinas	176
5.19	Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de la Subestación	177
5.20	Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de los sitios de préstamo	177
5.21	Área total de mantenimiento de maquinaria requerida por obra	178
5.22	Cantidad de maquinaria requerida por obra	180
5.23	Tipos de materiales principales para la construcción de las obras	187
5.24	Listado de principales materiales a utilizar y su efecto ambiental	191
5.25	Datos generales de las opciones de camino interno	200
5.26	Longitudes de los accesos nuevos a construir para las obras del proyecto	206
5.27	Longitudes de las rutas internas existentes para acceder a las obras del proyecto	226
5.28	Distribución de la mano de obra por obra	226
5.29	Clasificación de los principales tipos de residuos en las obras	227
5.30	Tratamiento para los tipos de desechos a generar	228
5.31	Volúmenes totales a depositar por escombrera	244
5.32	Volúmenes totales a depositar temporalmente en sitios de acopio	249
5.33	Tipo de tratamiento para los desechos líquidos	250
5.34	Características de las materias primas y sustancias peligrosas	251
7.1.1	Resistencia inconfinada y propiedades índice de materiales	324
7.1.2	Parámetros de resistencia	325
7.1.3	Ensayos de placa rígida	325

7.1.4	Resultados de ensayos de corte directo en areniscas	331
7.1.5	Propiedades de resistencia a partir de ensayos triaxiales	331
7.1.6	Parámetros de resistencia al corte de los materiales existentes en la toma	333
7.1.7	Factores de seguridad por falla general	334
7.1.8	Factores de seguridad por falla local	335
7.1.9	Capacidad soportante en la toma de agua	336
7.1.10	Detalle del cálculo de la capacidad soportante en forma de agua	336
7.1.11	Tipos de roca a lo largo del túnel	337
7.1.12	Zonas de falla a lo largo del túnel y su afectación con respecto al rumbo del túnel	338
7.1.13	Valores de “Q” con base en velocidades de onda “V”	341
7.1.14	Alternativa final de soporte temporal recomendado	342
7.1.15	Magnitud de la carga de roca sobre el túnel	348
7.1.16	Resumen de las características de los materiales donde se excavará el Tanque de Oscilación	350
7.1.17	Valores de las presiones que actuarán para las diferentes condiciones de suelo y roca a excavar en el Tanque de Oscilación	351
7.1.18	Datos de capacidad soportante para la Casa de Máquinas	353
7.1.19	Parámetros de resistencia al corte de los materiales existentes en Casa de Máquinas	354
7.1.20	Factores de seguridad en taludes de Casa de Máquinas	355
7.1.21	Pernos sistemáticos en taludes de Casa de Máquinas	360
7.1.22	Factores de seguridad en talud vertical	361
7.1.23	Resumen histórico de los principales deslizamientos en la zona del Embalse	363
7.1.24	Características típicas de los materiales susceptibles a movimientos	366
7.1.25	Clasificación de pendientes	369
7.1.26	Clasificación de la susceptibilidad	371
7.2.1	Clasificación general de pendientes para el área de estudio	377
7.4.1	Valores promedios mensuales de precipitación en estaciones de la cuenca del río Reventazón	408
7.4.2	Valores medios mensuales en la estación 75002-Siquirres	414
7.4.3	Valores medios mensuales en la estación 73080 Cerro de la Muerte	415
7.4.4	Valores medios mensuales en la estación 73046 Cachí	416
7.5.1.1	Índice de calidad modificado para los sitios de muestreo Hamburgo y Sitio Presa PH Reventazón	422
7.5.1.2	Interpretación de los puntajes del índice BMWP-Costa Rica 2007	428
7.5.1.3	Interpretación de los valores ASPT Índice BMWP-Costa Rica 2007	428
7.5.1.4	Índice BMWP’CR para los principales afluentes y puntos de muestreo del río Reventazón, enero – febrero de 2008	429
7.5.1.5	Caudales promedio mensuales en el Sitio de Presa PH Reventazón	432
7.5.1.6	Análisis de frecuencia de caudales mínimos	435
7.5.1.7	Análisis de frecuencia de caudales máximos	436
7.5.1.8	Parámetros hidráulicos en las secciones	442
7.5.1.9 y 7.5.1.10	Parámetros hidráulicos en las secciones	448
7.5.1.11	Tonelajes históricos medidos en los desembalses	473
7.5.2.1	Permeabilidad de los materiales en perforaciones en el Sitio de Presa	484
7.5.2.2	Permeabilidad inducidas en el sitio de presa	486
7.5.2.3	Valores de parámetros para el cálculo de la recarga potencial	489
7.5.2.4	Distribución de categorías para el índice	491

7.5.2.5	Química del agua en quebradas de la margen derecha	501
7.5.2.6	Química del agua en la toma Siquirres	502
7.5.2.7	Química del agua en la captación San Antonio	504
7.5.2.8	Química del agua en la naciente para acueducto Florida	505
7.5.2.9	Química del agua en la naciente La Macadamia	505
7.5.2.10	Química del agua en la naciente F2, La Alegría	507
7.5.2.11	Química del agua en la naciente Orlando Moya, El Coco de Moravia	508
7.5.2.12	Química del agua en naciente al pie del cerro Guayacán	510
7.5.2.13	Química del agua en naciente de Finca Kinderson	511
7.5.2.14	Química del agua en naciente de Finca Enrique Mora	511
7.5.2.15	Química del agua en naciente de Finca El Moro	512
7.5.2.16	Química del agua en naciente El Apache	513
7.5.2.17	Química del agua en naciente de Bajo 52 Millas	515
7.5.2.18	Química del agua en naciente de Bajo 52 Millas (Muestras 2)	515
7.5.2.19	Consumo de agua en comunidades alrededor del proyecto	516
7.6.1	Clasificación de las fuentes emisoras del sonido	518
7.6.2	Niveles de presión sonora permitidos para Costa Rica	518
7.6.3	Resumen de factores que influyen en el nivel de ruido móvil	519
7.6.4	Puntos de mediciones promedio en ruido de fondo diurno en el AID del PH Reventazón	522
7.6.5	Puntos de mediciones promedio en ruido de fondo nocturno en el AID del PH Reventazón	523
7.7.1.1	Mecanismos focales seleccionados por su calidad	533
7.7.1.2	Síntesis sobre las principales propuestas históricas de las fallas del Frente de Montaña Trasero del Arco de Costa Rica	538
7.7.1.3	Evidencias neotectónicas del Frente de Montaña entre Guápiles y Puerto Viejo	540
7.7.1.4	Bancos de datos sismológicos disponibles	543
7.7.1.5	Terremotos históricos más importantes	544
7.7.1.6	Estaciones de la Red Sismológica del PH Reventazón	546
7.7.1.7	Fallas importantes para la amenaza sísmica del PH Reventazón	553
7.7.1.8	Potencial sísmico y eventual recurrencia del Frente de Montaña	553
7.7.1.9	Parámetros y valores utilizados en el árbol de lógica	556
7.7.1.10	Parámetros de la actividad sísmica para fuentes superficiales	558
7.7.1.11	Parámetros de la sismicidad asociada a la subducción profunda	559
7.7.1.12	Resultados de la amenaza sísmica probabilística para el PH Reventazón	560
7.7.1.13	Aceleración horizontal pico de acuerdo al escenario asociado a cada fuente	563
7.7.2.1	Erupciones del Turrialba en los últimos 9000 años	575
7.7.2.2	Principales erupciones del Turrialba y su lapso de ocurrencia	594
7.7.2.3	Aspectos que se están controlando periódicamente en el volcán Turrialba	596
8.1.1	Descripción de sitios de escombreras	608
8.2.1	Extensión de las unidades de vegetación en las áreas de influencia	612
8.2.2	Composición florística	615
8.2.3	Abundancia de especies bosque maduro intervenido	622
8.2.4	Lista de anfibios de la cuenca baja y media del Reventazón	628
8.2.5	Lista de especies de reptiles en la cuenca media y baja del río Reventazón Reventazón	633
8.2.6	Lista de aves de la cuenca baja y media del río Reventazón	638
8.2.7	Lista de mamíferos de la cuenca baja y media del río Reventazón	660
8.4.1	Número de individuos por especies de peces observadas por sitio	672

9.1	Ficha resumen de la primera fase de investigación	696
9.2	Lista de comunidades en el área de influencia directa del PH Reventazón	696
9.3	Lista de informantes por fechas según comunidades	699
9.4	Resumen de reuniones participativas, comunidades del AID	701
9.1.2.1	Uso actual de la tierra	705
9.1.3.1	Uso actual de la tierra en la zona del proyecto	706
9.2.1	Patrón de la tenencia de la tierra según margen del río Reventazón en el AP. Mayo 2008	707
9.3.3.1	Distribución según cantón y distrito. Comunidades del Área de influencia PH Reventazón	710
9.3.1.2	Distribución de la población y cantidad de viviendas AID PH Reventazón	711
9.3.1.3	Porcentaje de población por edad y sexo. Comunidades AID PH Reventazón	712
9.3.1.3	Densidad poblacional por distrito. Comunidades AID PH Reventazón	713
9.3.2.2.1	Población total de comunidad de Siquirres Centro por sexo. Censo 2000	735
9.3.2.2.2	Población total de comunidad de Siquirres Centro por tipo de seguro social Censo 2000	736
9.3.2.2.3	Población total de comunidad de Siquirres Centro de 5 años y más por nivel de instrucción Censo 2000	736
9.3.2.2.4	Población total de la comunidad El Cocal, distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	737
9.3.2.2.5	Población total de la comunidad Él Cocal distrito de Siquirres por tipo de seguro social	737
9.3.2.2.6	Población total de la comunidad Él Cocal distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	737
9.3.2.2.7	Población total de la comunidad San José distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	738
9.3.2.2.8	Población total de la comunidad San José distrito de Siquirres por tipo de seguro social	738
9.3.2.2.9	Población total de la comunidad San José distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	739
9.3.2.2.10	Población total de la comunidad El Carmen I, II y III distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	739
9.3.2.2.11	Población total de la comunidad El Carmen I, II y III distrito de Siquirres por tipo de seguro social	739
9.3.2.2.12	Población total de la comunidad El Carmen I, II y III distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	740
9.3.2.2.13	Población total de la comunidad Santo Domingo distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	740
9.3.2.2.14	Población total de la comunidad Santo Domingo distrito de Siquirres por tipo de seguro social	741
9.3.2.2.15	Población total de la comunidad Santo Domingo distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	741
9.3.2.2.16	Población total de la comunidad Hamburgo distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	742
9.3.2.2.17	Población total de la comunidad Hamburgo distrito de Siquirres por tipo de seguro social	742
9.3.2.2.18	Población total de la comunidad Hamburgo distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	742
9.3.2.2.19	Población total de la comunidad Caño Blanco distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	743

9.3.2.2.20	Población total de la comunidad Caño Blanco distrito de Siquirres por tipo de seguro social	743
9.3.2.2.21	Población total de la comunidad Caño Blanco distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	744
9.3.2.2.22	Población total de la comunidad Boca del Parismina distrito de Siquirres por sexo. Censo 2000	744
9.3.2.2.23	Población total de la comunidad Boca del Parismina distrito de Siquirres por tipo de seguro social	744
9.3.2.2.24	Población total de la comunidad Boca del Parismina distrito de Siquirres de 5 años y más por nivel de instrucción	745
9.3.2.2.25	Población total de la comunidad El Cairo distrito de El Cairo por sexo. Censo 2000	745
9.3.2.2.26	Población total de la comunidad El Cairo distrito de El Cairo por tipo de seguro social	746
9.3.2.2.27	Población total de la comunidad El Cairo distrito de El Cairo de 5 años y más por nivel de instrucción	746
9.3.2.2.28	Población total de la comunidad Lousiana distrito de El Cairo por sexo. Censo 2000	747
9.3.2.2.29	Población total de la comunidad Lousiana distrito de El Cairo por tipo de seguro social	747
9.3.2.2.30	Población total de la comunidad Lousiana distrito de El Cairo de 5 años y más por nivel de instrucción	747
9.3.2.2.31	Población total de la comunidad 3, 4 y 5 Millas distrito de El Cairo por sexo. Censo 2000	748
9.3.2.2.32	Población total de la comunidad 3, 4 y 5 Millas distrito de El Cairo por tipo de seguro social	748
9.3.2.2.33	Población total de la comunidad 3, 4 y 5 Millas distrito de El Cairo de 5 años y más por nivel de instrucción	749
9.3.2.2.34	Población total de la comunidad El Peje distrito de El Cairo por sexo. Censo 2000	749
9.3.2.2.35	Población total de la comunidad El Peje Millas distrito de El Cairo por tipo de seguro social	749
9.3.2.2.36	Población total de la comunidad El Peje Millas distrito de El Cairo de 5 años y más por nivel de instrucción	750
9.3.2.2.37	Población total de la comunidad El Carmen distrito de El Cairo por sexo. Censo 2000	750
9.3.2.2.38	Población total de la comunidad El Carmen distrito de El Cairo por tipo de seguro social	751
9.3.2.2.39	Población total de la comunidad El Carmen distrito de El Cairo de 5 años y más por nivel de instrucción	751
9.3.3.1.1	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de La Florida.	754
9.3.3.1.2	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Las Lomas	755
9.3.3.1.3	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Las Lomas	757
9.3.3.1.4	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de San Antonio	758
9.3.3.1.5	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de San Antonio	760
9.3.3.1.6	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Pascua	761
9.3.3.1.7	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Pascua	763

9.3.3.1.8	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Bonilla Abajo	764
9.3.3.1.9	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Bonilla Abajo	766
9.3.3.1.10	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de El Llano/Casorla	767
9.3.3.1.11	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de El Llano/Casorla	769
9.3.3.1.12	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de La Alegría	769
9.3.3.1.13	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de El Coco	772
9.3.3.1.14	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado del Coco	773
9.3.3.1.15	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Moravia	776
9.3.3.1.16	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Moravia	777
9.3.3.1.17	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Guayacán	778
9.3.3.1.18	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Guayacán	779
9.3..3.1.19	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Santa Marta y sus cuatro barrios	782
9.3.3.1.20	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Santa Marta y sus cuatro barrios	782
9.3.3.1.21	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en el poblado de Bajo 47	785
9.3.3.1.22	Edad quinquenal vs. Ocupación en el poblado de Bajo 47	785
9.3.3.1.23	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en Linda Vista	786
9.3.3.1.24	Edad quinquenal vs. Ocupación en Linda Vista	787
9.3.3.1.25	Categoría ocupacional vs. Grupo de edad quinquenal en Bajo 52	788
9.3.3.1.26	Edad quinquenal vs. Ocupación en Bajo 52	790
9.3.3.1.27	Población total de 12 años o más por rama de actividad	791
9.3.3.1.28	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	792
9.3.3.1.29	Categorías y tipos de pastos en los sistemas de producción en el área estudio del PH R-265.	793
9.3.3.1.30	Producción de queso en los sistemas de producción en el área estudio del PH Reventazón.	974
9.3.3.1.31	Categorías y tipos de pastos en los sistemas de producción en el área de estudio del P.H. R-265	799
9.3.3.1.32	Producción de queso en los sistemas de producción en el área de estudio del P.H. Reventazón	800
9.3.3.1.33	Mano de obra familiar presente en los sistemas de producción ele área de estudio del P.H. R-265	802
9.3.3.2.1	Población total de 12 años o más por rama de actividad	804
9.3.3.2.2	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	804
9.3.3.2.3	Población total de 12 años o más por rama de actividad	805
9.3.3.2.4	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	805
9.3.3.2.5	Población total de 12 años o más por rama de actividad	806
9.3.3.2.6	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	806
9.3.3.2.7	Población total de 12 años o más por rama de actividad	807
9.3.3.2.8	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	807
9.3.3.2.9	Población total de 12 años o más por rama de actividad	808
9.3.3.2.10	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	808
9.3.3.2.11	Población total de 12 años o más por rama de actividad	809

9.3.3.2.12	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	809
9.3.3.2.13	Población total de 12 años o más por rama de actividad	810
9.3.3.2.14	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	810
9.3.3.2.15	Población total de 12 años o más por rama de actividad	811
9.3.3.2.16	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	811
9.3.3.2.17	Población total de 12 años o más por rama de actividad	812
9.3.3.2.18	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	812
9.3.3.2.19	Población total de 12 años o más por rama de actividad	813
9.3.3.2.20	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	813
9.3.3.2.21	Población total de 12 años o más por rama de actividad	814
9.3.3.2.22	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	814
9.3.3.2.23	Población total de 12 años o más por rama de actividad	815
9.3.3.2.24	Población total de 12 años o más por categoría ocupacional	815
9.5.1	Servicios de emergencia disponibles según comunidades ubicadas en margen izquierda del AID del PH Reventazón. Marzo del 2008.	820
9.5.2	Servicios de emergencia disponibles según comunidades ubicadas en margen derecha del AID del PH Reventazón. Marzo del 2008.	822
9.7.1	Fechas de reuniones participativas por comunidad. EsIA PH Reventazón. Marzo – Abril del 2008. Siquirres, Limón.	830
9.7.2	Participación en llenado de boleta sobre percepción local respecto al PH Reventazón, por comunidad del área de influencia directa. Marzo – Abril del 2008.	831
9.7.3	Recepción de información según sexode los entrevistados. Abril del 2008	834
9.7.4	Recepción de información según lugar de residencia de los entrevistados. Abril del 2008	834
9.7.5	Recepción de información según margen a la que pertenece la comunidad de los entrevistados. Abril del 2008	835
9.7.6	Satisfacción en cuanto a la recepción de información según comunidad a la que pertenecen los entrevistados. Abril del 2008	837
9.7.7	Información de interés respecto al PH Reventazón, para los entrevistados. Abril del 2008	838
9.7.8	Información de interés respecto al PH Reventazón para los entrevistados, según margen de procedencia. Abril del 2008	839
9.7.9	Opinión de los encuestados respecto al PH Reventazón por sexo. Abril del 2008	840
9.7.10	Opinión de los encuestados respecto al PH Reventazón por comunidad. Abril del 2008	841
9.7.11	Percepción de impactos positivos por sexo de los entrevistados. Abril del 2008	842
9.7.12	Percepción de impactos positivos por margen en la que residen los encuestados. Abril del 2008.	843
9.7.13	Percepción de impactos negativos por sexo de los encuestados. Abril del 2008	844
9.7.14	Percepción de impactos negativos por margen en la que habitan los encuestados. Abril del 2008	844
9.7.15	Conocimiento de grupos opuestos al PH Reventazón según lugar de residencia. Abril del 2008	846
9.7.16	Inquietudes de los entrevistados por margen a la que pertenece la comunidad en la que habita. Abril del 2008.	848
9.9.1.2.1	Sitios arqueológicos reportados durante el reconocimiento PH Reventazón (2005-2006)	857

9.9.1.5.1	Sitios arqueológicos del área de influencia PH Reventazón, según altitud y pendiente	908
9.10.11.1	Tramos analizados de la línea férrea	944
9.10.11.2	Cantidad de segmentos según estado actual de la línea	946
9.10.11.3	Estado actual del tramo T1	947
9.10.11.4	Estado actual de la ferrovía entre Florida y Lomas	951
9.10.11.5	Estado de la ferrovía en el tramo entre Lomas y Pascua	955
9.10.11.6	Estado de la ferrovía en el tramo entre Pascua y Túnel Camp	960
9.10.11.7	Estado de la ferrovía en el tramo T5	965
9.11.2.1	Indicadores para la clasificación de las unidades paisajísticas y singularidades naturales, 2007	972
9.11.5.1	Singularidades naturales identificadas en el Área de Influencia del P.H. Reventazón, 2007-2008	985
9.12	Áreas socialmente sensibles por el tipo de afectación según intensidad	994
10.1.1	Costo del conjunto presa-vertedero-desvío (cota máxima operación 275 m.s.n.m.)	997
10.5.1	Distancia desde algunas viviendas hacia obras del Proyecto Reventazón.	1018
10.5.2	Índice de calidad ambiental para diferentes tiempos de exposición	1019
10.5.3	Lista definitiva de impactos	1057
10.5.4	Lista parcial de procesos sociales	1060
10.5.5	Visibilidad de las obras y su distancia en función de los principales focos de observación: red vial y otra infraestructura, P.H. Reventazón	1075
10.5.6	Cuadro resumen de impactos	1086
11.1.1	Niveles de presión sonora permitidos para Costa Rica	1101
11.3.1	Sitios de monitoreo periódico para paisaje, P.H. Reventazón	1129
11.4.1	Detalle de la afectación que tienen los embalses - escorrentía media anual	1133
11.4.2	Reglas de preferencia por uso	1143
11.4.3	Reglas de preferencia para balseo	1143
11.4.4	Priorización social de los usos	1144
11.4.5	Jerarquización de los usos socio productivos del río dentro del sector	1145
11.4.6	Preferencias de velocidad para pez bobo	1150
11.4.7	Caudales promedio mensuales en el sitio de presa Reventazón	1162
11.5.1	Distancia del cauce afectado por las diferentes plantas existentes y proyecto para el río Reventazón	1167
11.6.1	Matriz principal de impactos	1170
11.6.2	Matriz de accesos	1172
11.6.3	Matriz de Escombreras	1174
11.6.4	Matriz principal compensada	1177
11.6.5	Matriz de accesos compensada	1178
11.6.6	Matriz de escombreras compensada	1179
11.6.7	Matriz medio-proyecto	1181
12.1	Plan de Gestión Ambiental P.H. Reventazón	1186
14.1	Análisis financiero	1254
16.1	Presupuesto del proyecto (millones US$)	1264

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
3.1	Localización del PH Reventazón	3
5.1.a	Ubicación geográfica del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón	51
5.1.b	Áreas de influencia social del PH Reventazón	52
5.1.c	Áreas de influencia biofísica del PH Reventazón	53
5.2	Optimización de la altura de la presa	58
5.3	Planta General del PH Reventazón	59
5.4	Recomendaciones geotécnicas para la presa de enrocamiento con cara de concreto (CFRD)	62
5.5	Esquema en Planta de las obras de sitio presa	63
5.6	Sección típica de la presa de enrocamiento con cara de concreto	64
5.7	Túnel de desvío	66
5.8	Vertedero-Planta y perfil por línea centro	68
5.9	Sección 1-1 del Vertedero de Excedencias	69
5.10	Sección 2-2 del Vertedero de Excedencias	70
5.11	Área de influencia biofísica	75
5.12	Área de influencia socioeconómica	76
5.13	Estructuras de entrada de los túneles de desvío	79
5.14	Detalle de las estructuras de entrada y nichos de compuertas	79
5.15	Estructura de salida de los túneles de desvío	80
5.16	Perfil y planta del tapón	81
5.17	Detalle de planta y perfil de las compuertas a la entrada de los túneles de desvío	82
5.18	Planta de la descarga de fondo	83
5.19	Sección de la descarga de fondo	83
5.20	Detalle de la junta perimetral	86
5.21	Plinto en la zona del talón	87
5.22	Detalle del parapeto de la cresta de la presa	88
5.23	Toma Principal	91
5.24	Detalle de excavación para el portal del FT	94
5.25	Secciones del túnel para diferentes puntos	95
5.26	Excavación de túnel, banco superior y banco inferior	95
5.27	Detalle de ubicación de tubería	98
5.28	Detalle excavación de trinchera	98
5.29	Perfil en cruce de Tubería Quebrada Guayacán	100
5.30	Planta en cruce de Tubería, Quebrada Guayacán	101
5.31	Bloque de anclaje	103
5.32	Monturas	104
5.33	Ubicación de fábrica de tubos	108
5.34	Perfil Tanque de Oscilación	109
5.35	Terraza TO	110
5.36	Perfil TO	111
5.37	Distribución de módulos para la subestación	113
5.38	Vista de la entrada de la línea de casa de máquinas a la subestación	115
5.39	Trazado de la línea alterna	115
5.40	Esquema típico de una servidumbre para una torre de transmisión	119
5.41	Esquema típico de una torre de transmisión	120
5.42	Esquema geotécnico de la excavación de Casa de Máquinas	122
5.43	Excavación de Casa de Máquinas	123

5.44	Dique de protección	126
5.45	Edificio de Casa de Máquinas	127
5.46	Proceso de extracción en el río	132
5.47	Distribución de la planta de trituración	137
5.48	Flujograma de actividades	138
5.49	Ubicación del sitio del plantel central	139
5.50	Campamento General	140
5.51	Campamentos Técnicos	140
5.52	Campamentos oficiales	141
5.53	Comedor	142
5.54	Sala de cine	143
5.55	Edificio Dirección, Construcción y Planeamiento	144
5.56	Edificio de Administración, Ingeniería y Recursos Humanos	145
5.57	Dispensario	146
5.58	Talleres a utilizar en el plantel central	147
5.59	Talleres de mantenimiento y electromotriz	148
5.60	Ubicación de áreas necesarias para el área de Control de Calidad	149
5.61	Equipo menor	150
5.62	Áreas administrativas para la USAM	151
5.63	Componentes del sistema de tratamiento de agua	153
5.64	Ubicación de la planta a construir	155
5.65	Ubicación de instalaciones provisionales para la presa	164
5.66	Instalaciones provisionales	166
5.67	Instalaciones provisionales	167
5.68	Instalaciones provisionales	169
5.69	Ubicación infraestructura	174
5.70	Diseño típico de un área para mantenimiento de maquinaria	178
5.71	Ubicación de los caminos a la Presa y Vertedor	196
5.72	Ubicación de los caminos de acceso al plantel central, Casa de Máquinas, Tanque de Oscilación, Tubería de Presión, Subestación y Final de Túnel	201
5.73	Ubicación de los caminos de acceso a los sitios de préstamo	203
5.74	Ubicación de los caminos de acceso a las escombrera del proyecto	204
5.75	Ubicación de los caminos a los sitios de acopio del proyecto	205
5.76	Distancias totales de la Ruta Nº 32	216
5.77	Distancias totales de la Ruta Nº 10	217
5.78	Distancias totales de la Ruta Nº 415	218
5.79	Ubicación de las rutas internas existentes para acceder a las obras del proyecto	225
5.80	Topografía de la Escombrera Nº 1	230
5.81	Topografía de la Escombrera Nº 2	231
5.82	Topografía de la Escombrera Nº 3	232
5.83	Topografía de la Escombrera Nº 4	233
5.84	Topografía de la Escombrera Nº 5	234
5.85	Topografía de la Escombrera Nº 6	235
5.86	Topografía de la Escombrera Nº 7	236
5.87	Topografía de la Escombrera Nº 8	237
5.88	Topografía de la Escombrera Nº 9	238
5.89	Topografía de la Escombrera Nº 10	239
5.90	Topografía de la Escombrera Nº 11	240
5.91	Ubicación de los sitios de la escombrera	241

5.92	Topografía del sitio de escombrera Nº 13	242
5.93	Topografía del sitio de escombrera Nº 14	243
5.94	Ubicación de los sitios de escombrera	245
5.95	Ubicación de la escombrera Nº 14	246
5.96	Topografía del sitio de acopio Nº 1	247
5.97	Topografía del sitio de acopio Nº 2	248
5.98	Topografía del sitio de acopio Nº 3	249
5.99	Ubicación de los sitios de acopio	250
7.1.1	Columna cronoestratigráfica	292
7.1.2	Fallas geotectónicas que según Montero 2001, definen el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica	306
7.1.3	Sismotectónica y neotectónica de la región central del arco interno de Costa Rica	307
7.1.4	Sistema de fallas analizadas por Linkimer (2003)	311
7.1.5a	Mapa geológico regional	314
7.1.5b	Mapa geológico nivel de proyecto	315
7.1.6	Discontinuidades en brechas de la Formación Doán	319
7.1.7	Estratificación de la formación Suretka, en el conglomerado y los lentes de arena en el sitio de presa	320
7.1.8	Principales familias de discontinuidades que afectan a la formación Suretka	321
7.1.9	Discontinuidades que afectan los basaltos de la formación Guayacán	323
7.1.10	Módulos de deformación, perforación PP1	328
7.1.11	Módulos de deformación, perforación PHR 40 SP	329
7.1.12	Ensayo de corte directo in situ	330
7.1.13	Ensayo de corte directo en el laboratorio	330
7.1.14	Ensayo de corte directo en el laboratorio. Muestra con fractura por carga	331
7.1.15	Esquema de la toma de agua y cortes respectivos	333
7.1.16	Esquema de la toma de agua y cortes respectivos	334
7.1.17	Tipos de soporte temporal recomendados para el túnel	347
7.1.18	Superficies de deslizamiento por falla general	355
7.1.19	Planta de excavación de Casa de Máquinas	357
7.1.20	Sección transversal de Casa de Máquinas, esquema de ubicación de posible corte vertical	358
7.1.21	Esquema del talud analizado en Casa de Máquinas con los respectivos pernos	359
7.1.22	Planta de ubicación del embalse	362
7.1.23	Esquema típico de ocurrencia de los movimientos	365
7.1.24	Esquema típico de movimiento traslacional	366
7.1.25	Inventario de movimientos del terreno	368
7.1.26	Mapa de pendientes	370
7.1.27	Mapa de susceptibilidad	372
7.1.28	Esquema de los movimientos que sufre San Antonio de Pascua	373
7.1.29	Esquema de los movimientos que afectan el sector de Lomas	374
7.2.1	Perfil topográfico transversal de la cuenca alta del río Bonilla	378
7.2.2	Perfil topográfico de la cuenca media del río Bonilla	379
7.2.3	Perfil topográfico transversal de la subcuenca alta del río Pascua	379
7.2.4	Perfil topográfico transversal de la cuenca media del río Pascua	380
7.2.5	Perfil topográfico margen derecha río Reventazón	381
7.2.6	Corte Este – Oeste del río Reventazón. Sector Peralta	382

7.2.7	Modelo tridimensional de una fotografía aérea del Proyecto Carta 2005	388
7.2.8	Modelización del área circundante a la comunidad de San Antonio	389
7.3.1	Mapa de suelos del sector PH Reventazón	392
7.4.1	Red de estaciones metereológicas en la en la cuenca del río Reventazón	407
7.4.2	Isoyetas medias anuales de la cuenca del río Reventazón	408
7.4.3	Precipitación media mensual en Villa Mills y Sanatorio Durán	409
7.4.4	Precipitación media mensual en T-seis y La Suiza	409
7.4.5	Precipitación media mensual en El Sauce y Siquirres	410
7.4.6	Gráficos de las anomalías de la precipitación anual registrada en la estación del CATIE con respecto a la precipitación media del período 1942-2003	411
7.4.7	Distribución horaria mensual de la lluvia en la estación de La Suiza	412
7.4.8	Distribución horaria mensual de la lluvia en la estación de La Florida	413
7.4.9	Promedios mensuales de temperatura en Siquirres	414
7.4.10	Promedios mensuales de temperatura en el Cerro de La Muerte	415
7.4.11	Promedios mensuales de temperatura en Cachí	416
7.4.12	Promedios medios mensuales de humedad relativa en estaciones del Reventazón	417
7.4.13	Promedios mensuales de evaporación del tanque	417
7.4.14	Evapotranspiración potencial en La Lola de Siquirres	418
7.5.1.1	Red hídrica y embalses en la cuenca tributaria al PH Reventazón	420
7.5.1.2	Variación química de iones mayores en el agua del río Reventazón	423
7.5.13	Variación promedio mensual de iones mayores en el agua del río Reventazón	424
7.5.1.4	Variación de sílice, bicarbonato y dureza total en el SP del PH Reventazón (2000-2008)	425
7.5.1.5	Variación promedio mensual de silicatos, bicarbonato y dureza total en el SP del PH Reventazón	425
7.5.1.6	Variación de OD, DBO, PH y temperatura para el SP del PH Reventazón	426
7.5.1.7	Variación del promedio mensual de OD, DBO, PH y temperatura para el SP Reventazón	426
7.5.1.8	Variación mensual del caudal en el SP Reventazón	433
7.5.1.9	Variación anual del caudal en el SP Reventazón	433
7.5.1.10	Tendencias del caudal promedio anual	434
7.5.1.11	Análisis de frecuencia de caudales mínimos	435
7.5.1.12	Perfil longitudinal de Río Reventazón desde Angostura a la desembocadura	438
7.5.1.13	Vista en planta del río Reventazón y afluentes en el área de estudio	439
7.5.1.14	Secciones transversales en los tramos medio y transición	441
7.5.1.15	Ejemplo del material observado en el sitio	443
7.5.1.16	Curvas granulométricas representativas en los tramos medio y transición	444
7.5.1.17	Perfil del río Reventazón y sus principales afluentes en el tramo medio y de transición	445
7.5.1.18	Vista en planta en el tramo de transición	447
7.5.1.19	Curva de duración de caudal sólido y líquido	449
7.5.1.20	Dique en el brazo del Guayacán	451
7.5.1.21	Variación del esfuerzo cortante y la velocidad media con el caudal	453
7.5.1.22	Variación de los parámetros de movilidad del sedimento	456
7.5.1.23	Curva granulométrica para el tramo inferior para el tramo inferior	456

7.5.1.24	Transporte de sedimentos en función del caudal	457
7.5.1.25 y 7.5.1.26	Porcentaje de arena en curvas granulométricas de sedimento en suspensión	459
7.5.1.27	Situación actual del sistema en el tramo inferior del río Reventazón	461
7.5.1.28	Esquema del sistema fluvial del tramo inferior del río Reventazón	465
7.5.1.29	Curva de descarga de sedimentos, estación 9-27 SP Guayabo	469
7.5.1.30	Tonelajes obtenidos en la estación 9-27-SP Guayabo	470
7.5.1.31	Curva de descarga de sedimentos, estación 9-12 Pascua	471
7.5.1.32	Tonelajes obtenidos en la estación 9-12 Pascua	472
7.5.2.1	Mapa de unidades hidrogeológicas	476
7.5.2.2	Perfil hidrogeológico longitudinal al eje de presa	478
7.5.2.3	Perfil hidrogeológico transversal eje de la presa	479
7.5.2.4	Unidades hidrogeológicas en el trazado del túnel de conducción principal	482
7.5.2.5	Pruebas de permeabilidad en el sitio de presa, margen derecha e izquierda	483
7.5.2.6	Mapa de profundidad (m) del nivel freático alrededor del sitio de presa	487
7.5.2.7	Mapa de susceptibilidad a la recarga acuífera	492
7.5.2.8	Mapa de manantiales, localidades y acueductos	494
7.5.2.9	Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos	495
7.5.2.10	Vulnerabilidad a la contaminación de las unidades hidrogeológicas	497
7.5.2.11	Mapa de ubicación de los muestreos hidroquímicos y diagramas de Stiff	499
7.5.2.12	Diagrama de Piper para muestras de agua de la margen izquierda	500
7.6.1	Puntos de monitoreo de ruido	521
7.6.2	Densidades para el año 2006 en el PH Reventazón	526
7.6.3	Mapa de densidad de descargas atmosféricas para el año 2006 en el PH Reventazón y sus alrededores	527
7.7.1.1	Marco tectónico regional LPC 1	529
7.7.1.2	Subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe en la región central del país	530
7.7.1.3	Marco tectónico regional, sismicidad y mecanismos focales para el PH Reventazón	532
7.7.1.4	Principales fallas en las cercanías del sitio de presa del PH Reventazón	535
7.7.1.5	Modelo esquemático de fallamiento inverso (falla-pliegue) sin ruptura superficial, posiblemente como lo es el escarpe de Guápiles	537
7.7.1.6	Algunas evidencias de fallamiento NNE en sedimentos Cuaternarios, observadas en el campo y el trazo supuesto de una escama tectónica ciega. Se muestra además la sismicidad dispersa	543
7.7.1.7	Sismos históricos región Caribe	544
7.7.1.8	Red del PH Siquirres (1987-1989) y Red Sismológica PH Reventazón (2002-2004) y los sismos localizados en ambos períodos	546
7.7.1.9	Mapa de intensidades MM del terremoto de Limón del 22 de abril de 1991	548
7.7.1.10	Terremoto de Limón del 22/04/1991 y actividad sísmica asociada	548
7.7.1.11	Sismos registrados durante el año 1993 en la región de Turrialba y mapa de intensidades del sismo principal	550
7.7.1.12	Sismos sentidos de la región Caribe (1987-2004)	551
7.7.1.13	Gráfico de número de sismos sentidos y sus magnitudes por año	552
7.7.1.14	Mapa de zonas sísmicas corticales sugeridas para Costa Rica	558
7.7.1.15	Sismicidad de Costa Rica para el período 1985-2001	559

7.7.1.16	Curva de amenaza sísmica de aceleración horizontal pico estimada en el sitio de presa del PH Reventazón	561
7.7.1.17	Espectros absolutos de respuesta de amenaza uniforme para diferentes periodos de retorno en el sitio de presa del PH Reventazón	561
7.7.1.18	Espectro normalizado de amenaza uniforme para diferentes periodos de retorno en el sitio de presa del PH Reventazón	562
7.7.2.1	Diagrama de flujo metodológico para la construción de mapas de peligros y el proceso de investigación	566
7.7.2.2	Imagen satelital del sector más oriental de la Coordillera Volcánica Central y la cuenca media del río Reventazón	567
7.7.2.3	a) Ubicación regional del volcán Turrialba b) Vista del volcán desde el suroeste c) Geología de la parte de la cima (de Soto 1998)	569
7.7.2.4	Vistas aéreas de la cima del Turrialba	571
7.7.2.5	Tipos de erupciones volcánicas. Para referncias y detalles, consultar Alvarado (2000)	573
7.7.2.6	Izquierda. Dibujos del Turrialba en plena actividad exhalativa. Abajo: Dibujo de Karl von Seebach del Turrialba en plena erupción en 1864-66	574
7.7.2.7	Depósitos de pómez de la subunidad 4, algunos km al oeste de la cima del Turrialba	576
7.7.2.8	A la izquierda la distribución e isopacas de la subunidad 4 de hace 2000 años del Turrialba. A la derecha columna estratigráfica en la turbera del río Silencio, Siquirres	577
7.7.2.9	Perfil del viento en Costa Rica a diferentes alturas para la época seca y la época lluviosa	579
7.7.2.10	Enjambres sísmicos y sismicidad ubicada en el Turrialba y alrededores hasta mayo 2007	580
7.7.2.11	Vista aérea de la cima del Turrialba	581
7.7.2.12	Salida de vapores y gases en el sector sur del volcán, en abril del 2007, en el sector de Los Quemados	582
7.7.2.13	Arriba: comparación de la desgasificación en la pared externa del cráter suroeste (hacia el cráter central) desde el mirador. Abajo: tenue columna de gases visibles desde La Central	582
7.7.2.14	Evolución del área afectada por lluvia ácida desde mayo-agosto, octubre, noviembre 2007 y febrero 2008	583
7.7.2.15	Evolución del área afectada por lluvia ácida en el sector occidental del volcán Turrialba	585
7.7.2.16	Esquemas que muestran el sistema volcánico del Turrialba	586
7.7.2.17	Mapa del CNE de la cuenca del río Reventazón – Parismina	588
7.7.2.18	a) Mapas de estructuras de colapso sectorial, depósitos de avalancha y áreas de campos de lavas del Turrialba y alrededores. b) Peligros asociados con el volcán Turrialba	589
7.7.2.19	Esquema de flujo de posibles eventos esperables en un futuro cercano en el volcán Turrialba	593
7.2.2.20	Parte del proceso de monitoreo volcánico en el Turrialba	598
8.1.1	Áreas protegidas y Propuesta del Corredor Mesoamericano Paso del Jaguar en el Área de Influencia del PH Reventazón	604
8.1.2	Zonas de vida en el Área de Influencia del PH Reventazón	606
8.2.1	Mapa de vegetación del Área del proyecto (AP) del PH Reventazón	610
8.2.2	Mapa de vegetación del Área de Influencia Indirecta (AII) del PH Reventazón	611
8.2.3	Distribución diamétrica del bosque maduro intervenido	624

8.2.4	Abundancia de especies del bosque maduro intervenido 128 especies arbóreas 745 árboles /2 ha	624
9.1	Cantón de Siquirres. División distrital, centros poblados y caminos	684
9.2	Distribución poblacional por distritos a junio del 2000	685
9.1.2.1	Mapa de categorías de uso de la tierra	704
9.3.1.1	Distribución poblacional por comunidad. Comunidades del AID del PH Reventazón	711
9.3.1.2	Porcentaje densidad poblacional según distritos del PH Reventazón	713
9.3.3.1.1	Tasa de desempleo abierto en La Florida	752
9.3.3.1.2	Porcentaje de población asalariada en La Florida	753
9.3.3.1.3	Ocupación por sector en La Florida	753
9.3.3.1.4	Tasa de desempleo abierto en Las Lomas	756
9.3.3.1.5	Porcentaje de población asalariada en Las Lomas	756
9.3.3.1.6	Ocupación por sector en Las Lomas	757
9.3.3.1.8	Tasa de desempleo abierto en San Antonio	759
9.3.3.1.9	Porcentaje de población asalariada en San Antonio	759
9.3.3.1.10	Ocupación por sector en San Antonio	760
9.3.3.1.11	Tasa de desempleo abierto en Pascua	761
9.3.3.1.12	Porcentaje de población asalariada en Pascua	762
9.3.3.1.13	Ocupación por sector en Pascua	762
9.3.3.1.14	Tasa de desempleo en Bonilla Abajo	765
9.3.3.1.15	Porcentaje de población asalariada en Bonilla Abajo	765
9.3.3.1.16	Ocupación por sector en Bonilla Abajo	766
9.3.3.1.17	Tasa de desempleo en El Llano/Casorla	767
9.3.3.1.18	Porcentaje de población asalariada en El Llano	768
9.3.3.1.19	Ocupación por sector en El Llano	768
9.3.3.1.20	Tasa de desempleo abierto en La Alegría	770
9.3.3.1.21	Porcentaje de población asalariada en La Alegría	770
9.3.3.1.22	Ocupación por sector en La Alegría	771
9.3.3.1.23	Tasa de desempleo en El Coco	774
9.3.3.1.24	Porcentaje de población asalariada en El Coco	775
9.3.3.1.25	Ocupación por sector en El Coco	775
9.3.3.1.26	Tasa de desempleo abierto en Guayacán	780
9.3.3.1.27	Porcentaje de población asalariada en Guayacán	781
9.3.3.1.28	Ocupación por sector en Guayacán	781
9.3.3.1.29	Tasa de desempleo abierto en Santa Marta (agregado con San Joaquín, Bajo Tigre y Bajo 47)	783
9.3.3.1.30	Porcentaje de población asalariada en Santa Marta (San Joaquín, Bajo Tigre y Bajo 47)	784
9.3.3.1.31	Ocupación por sector en Santa Marta (San Joaquín, Bajo Tigre y Bajo 47)	784
9.3.3.1.32	Distribución de frecuencia según tamaño (ha) de las fincas agropecuarias en el área de estudio del PH R-265.	794
9.3.3.1.33	Actividades agropecuarias en el área de estudio del PH R-265.	796
9.3.3.1.34	Distribución de los sistemas pecuarios en el área de estudio del PH R-265	796
9.3.3.1.35 9.3.3.1.36	Actividades agrícolas en el área de estudio del P.H. R-265	797
9.7.1	Participación de vecinos en sondeo de percepción, según margen del Río Reventazón en la que habita. Abril del 2008	832

9.7.2	Participación de vecinos en sondeo de percepción, según sexo. Abril del 2008	832
9.7.3	Recepción de información respecto al PH Reventazón en el proceso de participación según opinión de los entrevistados. Abril. 2008	833
9.7.4	Recepción de información respecto al PH Reventazón en el proceso de participación según opinión de los entrevistados. Abril. 2008	836
9.7.5	Opinión de los entrevistados respecto al PH Reventazón en relación con sus comunidades. Abril. 2008	840
9.7.6	Opinión de los entrevistados en relación con impactos positivos que pueda aportar el PH Reventazón a las comunidades. Abril del 2008	842
9.7.7	Opinión de los entrevistados en relación con impactos negativos que pueda generar el PH Reventazón en las comunidades. Abril del 2008	843
9.7.8	Conocimiento de los entrevistados en relación con grupos de oposición al PH Reventazón. Abril 2008	845
9.7.9	Opinión general de los encuestados respecto al PH Reventazón. Abril del 2008	847
9.9.1.1	Ubicación de sitios arqueológicos. Área de Influencia PH Reventazón	860
9.9.1.2	Croquis sitio arqueológico EL Encanto	881
9.9.1.3	Dibujo de planta estructura 1. Sitio arqueológico Krica	889
9.9.1.4.2	Croquis sitio arqueológico Krica	890
9.9.1.4.3	Tumba saqueada	894
9.9.1.4.4	Sitio San Antonio	895
9.9.1.4.5	Croquis del área con mayor concentración de estructuras sitio arqueológico San Antonio	896
9.9.1.4.6	Dibujo de planta estructura 1. Sitio arqueológico San Antonio	898
9.9.1.4.7	Dibujo de planta, grupo de estructuras (2A, B, C) sitio Arqueológico San Antonio	900
9.10.11	Trazado de la línea férrea del Ferrocarril al Atlántico, construida entre 1871 y 1890, iba desde Alajuela hasta Limón, pasando por Heredia, San José, Cartago, Turrialba y Siquirres, entre muchos otros lugares. Tenía asimismo diversas ramificaciones que abarcaban diversas poblaciones alrededor de la ruta principal.	919
9.10.11.1	Trazado de la línea del ferrocarril. Tramos de estudio	945
9.10.11.2	Trazado de la línea del ferrocarril. Tramo 1 Cruce ruta 32 - Florida	948
9.10.11.3	Trazado de la línea del ferrocarril. Tramo 2 Florida - Lomas	952
9.10.11.4	Trazado de la línea del ferrocarril. Tramo 3 Lomas - Pascua	957
9.10.11.5	Trazado de la línea del ferrocarril. Tramo 4 Pascua – Túnel Camp	964
9.10.11.6	Trazado de la línea del ferrocarril. Tramo 5 Túnel Camp - Peralta	966
9.10.11.7	Resumen del Estado de la línea del Ferrocarril Trayecto Intersección Ruta 32 - Peralta	970
9.11.1	Unidades de paisaje	976
9.11.2	Volcán Turrialba	982
9.11.3	Mapa Parismina	984
9.11.4	Singularidades naturales	986
9.12.1	Mapa de áreas socialmente sensibles	995
10.5.1	Tramos del río Reventazón	1009
10.5.2	Ubicación de los probables impactos sobre el recurso hídrico subterráneo	1012
10.5.3	Zona de riesgo para la colisión de las aves con el trazado del entronque de la línea de transmisión.	1024
10.5.4	Posición de la escombrera 5 con respecto al poliducto de RECOPE	1067

10.5.5	Esquema de paisaje y su afectación, PH Reventazón 2008	1076
10.5.6	Modelo de Visibilidad de Obras	1077
10.5.7	Modelo de Visibilidad del embalse	1078
10.6.1	Mapa de Susceptibilidad	1093
10.6.2	Mapa de diagnóstico ambiental	1094
11.1	Red sísmica del P.H. Reventazón	1100
11.4.1	Proyectos hidroeléctricos presentes antes del futuro embalse P.H. Reventazón.	1133
11.4.2	Tramo crítico del río P.H. Reventazón (en amarillo).	1134
11.4.3	Análisis de frecuencia da caudales mínimos, período 1963-2008	1135
11.4.4	Curva de duración de caudales mínimos, est. 9-12 Pascua, registro junio 1963 mayo 2008.	1136
11.4.5	Hidrogramas de caudales instantáneos, est.9-12 Pascua, del 15 dic. 2002 al 28 feb. 2003.	1138
11.4.6	Análisis de frecuencia de caudales mínimos, período 2000-2008.	1138
11.4.7	Curva de duración de caudales mínimos, est. 9-12 Pascua, registro 2000 – 2008.	1139
11.4.8	Usos socioeconómicos identificados en río Reventazón	1141
11.4.9	Distribución bi-variada de profundidad-velocidad para un estado de flujo en la sección de la Florida, vistas principales (lateral, superior y frontal). Los colores representan las condiciones de preferencia para el balseo en un escenario con 14 m3/s de caudal.	1146
11.4.10	Vistas en planta para la actividad de balseo para los escenarios de un caudal de 14 m3/s / seg y 16 m3/s / seg.	1147
11.4.11 y 11.4.12	Preferencias de profundidad y velocidad para pez Bobo	1149
11.4.13	Preferencias de profundidad para Tepemechín (A. montícola) con tallas ≤ 10 cm	1151
11.4.14	Preferencia de profundidad para Tepemechín (A. montícola) con tallas >10	1152
11.4.15	Preferencia de velocidad Tepemechín (A. montícola) con tallas ≤ 10 cm	1152
11.4.16	Preferencia de velocidad para Tepemechín (A. montícola) con tallas > 10 cm	1153
11.4.17	Resultado de las observaciones de campo para profundidad y velocidad del Pez Bobo, con respecto a las reglas difusas establecidas en el III Panel de expertos. El tamaño de los círculos representa el tamaño de la muestra y el color del círculo representa la evaluación del sustrato	1154
11.4.18	Resultado de las observaciones de campo para profundidad y velocidad del Tepemechín, con respecto a las reglas difusas establecidas en el III Panel de expertos. El tamaño de los círculos representa el tamaño de la muestra y el color del círculo representa la evaluación del sustrato	1155
11.4.19	Ubicación del tramo crítico para el P.H. Reventazón y la sección de la Florida.	1156
11.4.20	Porcentaje para las categorías de hábitat óptimo, regular e inadecuado para diferentes escenarios de caudal en la sección de la Florida, Río reventazón.	1157

11.4.21	Distribución bi-variada de profundidad-velocidad para un estado de flujo en la sección de la Florida, vistas principales (lateral, superior y frontal). Los colores representan las condiciones de preferencia del pez Bobo para un escenario con 14 m3/s de caudal.	1158
11.4.22	Distribución bi-variada de profundidad-velocidad para un estado de flujo en la sección de la Florida, vistas principales (lateral, superior y frontal). Los colores representan las condiciones de preferencia del pez Bobo para un escenario con 16 m3/s de caudal.	1158
11.4.23	Distribución bi-variada de profundidad-velocidad para un estado de flujo en la sección de la Florida, vistas principales (lateral, superior y frontal). Los colores representan las condiciones de preferencia del pez Bobo para un escenario con 20 m3/s de caudal.	1159
11.4.24	Relación de % de hábitat óptimo, regular e inadecuado para los diferentes caudales que se presentan en el río Reventazón.	1160
11.4.25	Caudales promedio mensuales y mínimos para el sitio de presa Reventazón.	1161
13.1	Susceptibilidad combinada a amenazas naturales presentes alrededor del P.H. Reventazón	1250
14.1	Inversión acumulada por año	1255
16.1	Inversión por rubro	1265

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Nº	Descripción	Pág.
5.1	Vista de un portal de túnel	94
5.2 y 5.3	Revestimiento con concreto y blindaje	97
5.4 y 5.5	Excavación de primera y segunda etapa	100
5.6	Ejemplo de puente tubo en el PH Cariblanco	101
5.7 y 5.8	Etapas de chorreas de bloques	103
5.9 y 5.10	Armado y colocado de monturas en una sola etapa	105
5.11 y 5.12	Etapas de chorrea de monturas	106
5.13	Montaje de tubería y blindajes	107
5.14	Ejemplo de torres de montaje	116
5.15 y 5.16	Armado de estructuras	118
5.17 y 5.18	Montaje de equipos	118
5.19 y 5.20	Armado del cuerpo de las torres	121
5.21 y 5.22	Tendido y flechado	121
5.23	Proceso de desmonte y limpieza	124
5.24	Excavación a cielo abierto	124
5.25	Dique de protección	125
5.26	Corona del dique	125
5.27	Muros	128
5.28	Sala de montaje	128
5.29	Caja de espiral	129
5.30	Puente grúa	129
5.31	Criba estacionaria	133
5.32	Quebrador primario	134
5.33	Cono secundario, cribas y bandas	135
5.34	Impactor de eje vertical	136
5.35	Disposición de batería de sedimentadores	136
5.36	Planta de tratamiento ASTALDI PH Pirrís	154
5.37	Vista del área donde se ubicará el plantel central	157
5.38	Limpieza para construcción de instalaciones	158
5.39	Proceso constructivo de la chorrea de pisos	158
5.40	Vista del proceso de chorrea de pisos	159
5.41	Forro de paredes e instalación de tuberías	160
5.42	Proceso constructivo, colocación de cerchas	160
5.43	Colocación de cubiertas	161
5.44	Ilustración de oficinas y comedor	171
5.45	Actividad de raspado para la colocación de la planta de trituración de materiales	172
5.46	Relleno de áreas de patios de trituración	172
5.47 y 5.48	Estado actual de la zona a la salida de túneles de desvío	194
5.49 y 5.50	Estado actual de la zona del camino a la toma y presa	195

5.51 y 5.52	Estado actual de la zona a las entrada de los túneles de desvío	195
5.53 y 5.54	Entrada actual de la zona al final del túnel, subestación y tubería de presión	197
5.55 y 5.56	Entrada actual de la zona al tanque de oscilación	198
5.57	Vista de la terraza	200
5.58	Paso por la Quebrada Guayacán	200
5.59	Vagoneta roquera para traslado de material aluvial	202
5.60	Vista del costado sur de la entrada del túnel Zurquí	215
5.61	Vista de la intersección en el sector de Siquirres	215
5.62	Carretera a Turrialba. Se observa una estación de bombeo del oleoducto de RECOPE	217
5.63	Vista inferior del puente sobre quebrada Guayacán	219
5.64	Condición actual del camino privado que conduce al sitio de campamento	220
5.65	Paso actual por Quebrada Tres Amigos	221
5.66	Vista del tramo 1 de la Finca La Plywood	222
5.67	Vista del tramo 2 de la Finca La Plywood	222
5.68	Vista del tramo 3 de la Finca La Plywood	223
5.69 y 5.70	Estado actual del camino a sitio Lajas	224
5.71 y 5.72	Sitio Escombrera Nº 1	230
5.73 Y 5.74	Sitio Escombrera Nº 2	232
5.75 y 5.76	Sitio Escombrera Nº 3	233
5.77 y 5.78	Sitio Escombrera Nº 4	234
5.79 y 5.80	Sitio Escombrera Nº 5	235
5.81 y 5.82	Sitio Escombrera Nº 6	236
5.83 y 5.84	Sitio Escombrera Nº 7	237
5.85 y 5.86	Sitio Escombrera Nº 8	238
5.87	Centro de acopio para aceites de desecho	253
5.88	Centro de acopio para materiales de bajo riesgo	254
7.1.1	Estrato de limonitas intercaladas con niveles de areniscas calcáreas de la formación Uscari, Río Guayabo	293
7.1.2	Estratos de caliza bioclástica de la formación Río Banano. Margen derecha Río Reventazón – Finca Carazo	295
7.1.3	Lavas alcalinas de la formación Guayacán (Quebrada Guayacán)	296
7.1.4	Conglomerado de Suretka en la margen izquierda del Sitio de Presa	297
7.1.5	Detalle de las brechas de Doán, núcleos de perforación de Sitio Presa	299
7.1.6	Depósitos aluvionales en las márgenes del río Reventazón	301
7.1.7	Desprendimiento de gran volumen de materiales de Doán y Suretka debido a fisuras de descompresión. Q. Rubio 300m aguas arriba sitio de presa	302

7.1.8	Escarpe producido por el movimiento de masa a través de capas de la formación Uscari	303
7.1.9	Cono de deyección: Río Bonilla, invadió el puente del ferrocarril y desplazó la línea férrea	304
7.1.10	Plano estratigráfico en conglomerado, correspondiente con la depositación de lentes de areniscas	321
7.1.11	Diaclasas en lente de arenisca dentro de la formación de conglomerados. Lente 10 afloramiento margen derecha	322
7.1.12	Contacto entre coluvios y arenisca en San Antonio de Pascua	374
7.1.13	Vista hacia aguas arriba de la falla Lomas	375
7.2.1	Relieve característico de las laderas en la margen derecha del Río Reventazón	381
7.2.2	El Río Reventazón corta formaciones sedimentarias y volcánicas en ambos márgenes	383
7.2.3	Talud lateral rocoso sobre ribera derecha del Reventazón	383
7.2.4 y 7.2.5	Margen izquierda del río Bonilla	384
7.2.6	Vista panorámica de la margen izquierda del Río Reventazón	385
7.2.7	Desprendimiento en la parte alta de una de las quebradas afluentes del río Blanco	386
7.2.8	Resultado de este desprendimiento, la quebrada termina colmatada por una serie de materiales	386
7.2.9	Composición de la litología	386
7.2.10	Área de despasto afectadas por procesos de solifluxión laminar	387
7.2.11	Comunidad de San Antonio asentada sobre formaciones sedimentarias	387
7.2.12	Afluente del río Blanco	389
7.2.13	Cauce del río Pascua en el sector cercano a confluir con el río Reventazón	390
7.3.1	Terraza aluvial del río Reventazón, sector Lomas	394
7.3.2	Camino Fuentes, Sector Florida – El Cairo	396
7.3.3	Sector suroeste Florida	397
7.3.4	Terrenos ubicados en Pascua	399
7.3.5	Potrero fuertemente ondulado, margen derecha	400
7.3.6	Margen derecha río Reventazón, finca El Cubano y San Joaquín al fondo	401
7.3.7	Margen derecha río Reventazón, sector El Coco	402
7.5.1.1	Vista hacia aguas abajo desde el puente de la carretera	446
7.5.1.2	Barra de sedimento en la margen izquierda, tramo de transición	448
7.5.1.3	Dique de protección en la margen izquierda a la altura de Islona	452
7.5.1.4	Erosión en la margen derecha aguas arriba de Hamburgo	454
7.5.1.5	Erosión en la margen derecha debido al oleaje por el tránsito de lanchas	454
7.5.1.6	Deposición de sedimento en suspensión en la planicie de inundación	458
7.5.1.7	Inundación de la planicie de inundación de margen izquierda	462
7.5.1.8	Colmatación del cauce en el corte más reciente	462
7.5.1.9	Erosión en la parte extrema de curva	463
7.5.1.10	Cortes naturales en la parte interna de curva	464
7.5.1.11	Entrada a uno de los canales de alivio	465
7.5.1.12	Barra de arena en la salida del río Parismina	466
7.5.1.13	Dique en la margen derecha a la altura del Carmen	467
7.5.1.14	Vista parcial de la laguna del río Peje	468

7.5.2.1	Captación del río Siquirres por medio de una derivación con rejilla	502
7.5.2.2	Captación del acueducto de la comunidad de San Antonio	503
7.5.2.3	Naciente La Macadamia con caudal mayor a 5 l/s	504
7.5.2.4	Toma de agua en la naciente F2 de la comunidad de la Alegría	506
7.5.2.5	Capatación del acueducto Moravia y El Coco de Siquirres	508
7.5.2.6	Naciente al pie del cerro Guayacán	509
7.5.27	Capatación de la naciente Finca El moro con un caudal 0,2 l/s	512
7.5.2.8	Captación naciente El Apache, acueduCto Santa Marta	513
7.5.2.9	Toma de agua de la comunidad de Bajo 52 Millas	514
7.7.1.1	Trinchera excavada en la falla Guápiles-Siquirres 1990	541
7.7.1.2	Evidencias de fallamiento inverso del frente de montaña en el río Reventazón	541
7.7.1.3	Cauces aluviales abandonados al norte de La Herediana	542
9.3.2.1.1	Convocatoria para validación de diagnóstico en el Llano	716
9.3.2.1.2	Camino principal en el Llano	717
9.3.2.1.3	Escuela en Bonilla	718
9.3.2.1.4	Camino principal en Bonilla	719
9.3.2.1.5	Salón Comunal en Pascua	719
9.3.2.1.6	Reunión de validación del diagnóstico en San Antonio	722
9.3.2.1.7	Iglesia en San Antonio	723
9.3.2.1.8	Corta de madera en San Antonio	723
9.3.2.1.9	Reunión para el PH Reventazón	725
9.3.1.2.10	Centro de atención médica en Florida	727
9.3.2.1.11	Reunión de validación de diagnóstico en La Florida	729
9.3.2.1.12	Escuela en Bajo 52	729
9.3.2.1.13	Escuela en San Joaquín	730
9.3.2.1.14	Salón Comunal en Santa Marta	731
9.3.2.1.15	Convocatoria en pulpería de Guayacán	733
9.3.2.1.16	Reunión de validación de diagnóstico en El Coco	734
9.3.3.1.1	Infraestructura productiva en la comunidad de Lomas. Noviembre del 2005	801
9.3.3.1.2	Agroindustria de queso de San Antonio, Enero 2007.	802
9.9.1.4.1	Terrazas con vestigios arqueológicos, Sitio Manuel	861
9.9.1.4.2	Cementerio huaqueado, Sitio Omar	861
9.9.1.4.3	Rasgo funerario huaqueado, Sitio Montecristo	862
9.9.1.4.4	Cementerio saqueado Sitio Palomo	863
9.9.1.4.5	Tapas de tumbas huaqueadas, Sitio Carazo	864
9.9.1.4.6	Fragmentos cerámicos observados en superficie, Sitio Juká	865
9.9.1.4.7	Petroglifo localizado en el antiguo pueblo de Pascua, Sitio Hermosa	866
9.9.1.4.8	Detalle de la técnica de manufactura del diseño, nótese el picado de la roca	866
9.9.1.4.9	Rasgos funerarios Sitio Tres Amigos	868
9.9.1.4.10	Posibles rasgos culturales, Sitio Laurel	868
9.9.1.4.11	Petroglifo, sitio Yuti	869
9.9.1.4.12	Petroglifo, sitio Plywood	869
9.9.1.4.13	Posibles rasgos funerarios, sitio Plywood	870
9.9.1.4.14	Patio de madereros, donde se detectó fragmentos cerámicos, sitio Jabillo	871
9.9.1.4.15	Trocha realizada por maderos donde se puede visualizar restos precolombinos, sitio Anonillo	871
9.9.1.4.16	Segmento de calzada hacia La Quebrada La Moncha, sitio Diphó	873

9.9.1.4.17	Petroglifo, sitio Diphó	873
9.9.1.4.18	Petroglifo, sitio Lancaster	874
9.9.1.4.19	Petroglifo, sitio Lagunilla	875
9.9.1.4.20	Petroglifo 1, sitio Calín	876
9.9.1.4.21	Petroglifo 2, sitio Calín	876
9.9.1.4.22	Restos de estructuras alteradas por huaquerismo, sitio Calín	877
9.9.1.4.23	Petroglifo 1, sitio Shoni	878
9.9.1.4.24	Petroglifo 2, sitio Shoni	878
9.9.1.4.25	Petroglifo 3, sitio Shoni	878
9.9.1.4.26	Petroglifo 4, sitio Shoni	879
9.9.1.4.27	Estructura 1, sitio Encanto	882
9.9.1.4.28	Estructura 5, obsérvese al fondo el Cauce del río Reventazón	883
9.9.1.4.29 y 9.9.1.4.30	Círculo que rodea la sepultura en forma de cajón	883
9.9.1.4.31	Tramo de calzada, afectada por los deslizamientos de la zona	886
9.9.1.4.32	Petroglifo, sitio Jades	887
9.9.1.4.33	Estructura 1 observada desde el camino , sitio Krica	891
9.9.1.4.34	Patrón constructivo estructura 1, sitio Krica	891
9.9.1.4.35	Tumba saqueada	893
9.9.1.4.36	Sector suroeste de estructura 1, sitio San Antonio	899
9.9.1.4.37	Estructura 2 A, sitio San Antonio	901
9.9.1.4.38	Estructura 2 B, sitio San Antonio	901
9.9.1.4.39	Basamento de estructura 2 C, sitio San Antonio	902
9.9.1.4.40	Muro o recinto 2 D, sitio San Antonio	902
9.9.1.4.41	Preforma de escultura, probablemente fue reutilizada en la construcción del área funeraria	904
9.9.1.4.42	Camino precolombino que comunica los diferentes grupos de estructuras	905
9.9.1.4.43	Petroglifo 1, sitio San Antonio	905
9.9.1.4.44	Petroglifo 2, sitio San Antonio	906
9.9.1.4.45	Petroglifo 3, sitio San Antonio	906
9.9.1.4.46	Petroglifo 4 y 5, sitio San Antonio	907
9.9.1.6.1	Parte del yacimiento de fósiles aflora en el centro del río Reventazón, localidad Las Lomas	909
9.9.1.6.2	Restos óseos incrustados en matriz arenosa	909
9.9.1.6.3	Dientes de tiburón (especie Hemipristis serra)	910
9.9.1.6.4	Colmillo de cetáceo (delfín)	910
9.9.1.6.5	Recolección de muestras, funcionarios ICE y Museo Nacional de Costa Rica	911
9.10.1	General Tomás Guardia, Presidente de la República 1870-1882	918
9.10.2	Minor Cooper Keith	920
9.10.3	Primer Tren que pasó por el Codo del Diablo	921
9.10.4	Segundo tren que pasó por el Codo del Diablo	922
9.10.5	El denominado y famoso Codo del Diablo	922
9.10.6	Derrumbes y crecidas del Río Reventazón	923
9.10.7	Locomotora construida en 1900 por la Nasymith Wilson Compañy	924
9.10.8	Mecánicos ingleses y escoceses traídos a Costa Rica por Minor C, Keith	925
9.10.9	Estación de ferrocarril las Lomas	926
9.10.10	Estación de ferrocarril en Siquirres	932

9.10.11 y 9.10.12	La actividad maderera para explotación era una de las más importantes en décadas pasadas para las comunidades, trenes especiales con grúas eran utilizados para cargar las tucas que iban a parar a otros países	933
9.10.13, 9.10.14 y 9.10.15	El ferrocarril fue un medio de transporte que intercomunicó pueblos	936
9.10.16, 9.10.17, 9.10.18 y 9.10.19	Trenes especiales para transporte de mercancía y productos	938
9.10.20, 9.10.21, 9.10.22 y 9.10.23	Ejemplos de trenes focales	939
9.10.24, 9.10.25 y 9.10.26	La estación del Ferrocarril al Atlántico en San José	942
9.10.11.1	Detalle fotográfico de la vía férrea en el Tramo T1	947
9.10.11.2	Sector de la línea férrea con presencia de los rieles, pero que ha sido invadida por una densa vegetación	949
9.10.11.3	Segmento a punto de colapsar por efecto de la erosión ocasionada por crecidas del río Reventazón	949
9.10.11.4	Destrucción de un puente en el sector de Fourth Cliff	950
9.10.11.5	Destrucción total de la zona vía del ferrocarril como consecuencia de una crecida	950
9.10.11.6	Detalle de la vía férrea en el tramo T2	953
9.10.11.7	Sector del sitio presa del PH Reventazón	953
9.10.11.8	Vista hacia Lomas de la zona de paso de la línea en la cual la vegetación ha topado todo el área	954
9.10.11.9	Derrumbe entre Florida y Lomas	954
9.10.11.10	Detalle fotográfico de la vía férrea en el tramo T3	956
9.10.11.11	Sector donde la línea férrea colapsó	956
9.10.11.12	Zonas de laderas altamente inestables y deslizables	958
9.10.11.13	Vía férrea doblada en ambos rieles por efecto del desplazamiento del terreno	958
9.10.11.14	Zona de paso de la línea del ferrocarril	959
9.10.11.15	Línea del ferrocarril literalmente sostenida por la vegetación	959
9.10.11.16	Paso sobre el río Pascua	961
9.10.11.17	La línea se pierde entra la espesa vegetación	961
9.10.11.18	Destrucción de la línea por torrentes	962
9.10.11.19	Destrucción de toda la zona de paso por el río Reventazón	962
9.10.11.20	Desmantelamiento de la línea del ferrocarril	963
9.10.11.21	Salida del túnel en el sector de Túnel Camp HACIA Peralta	967
9.10.11.22	Sitio de paso de la línea sobre el río Colima en dirección hacia Túnel Camp	967
9.10.11.23	Área de paso de la línea, en la cual no queda evidencia de la estructura ferroviaria	968
9.10.11.24	Área de paso de la línea convertida en camino de lastre para vehículos a la altura de Peralta	968
9.10.11.25	Antigua estación de paso de la línea en la población de Peralta	969
9.10.11.26	Área de paso de la línea usada para el paso del oleoducto	969

9.11.1	Paisaje fisiográfico del valle fluvial río Reventazón en Bonilla	973
9.11.2	Panorámica desde Oriente de El Sauce, Turrialba, del valle fluvial del río Reventazón en Bonilla Abajo	975
9.11.3	Vista panorámica del paisaje plano desde Lomas, al fondo la línea de costa del litoral Caribe en la Barra del río Pacuare	978
9.11.4	Paraje de la unidad multiconvexa, en la comunidad de Lomas	979
9.11.5	Vista panorámica del volcán Turrialba desde Guayacán Siquirres	980
9.11.6	Laguna Bonilla desde la calle al Llano	988
9.11.7	Laguna El Colombiano en Guayacán de Siquirres	990
9.11.8	Salto y poza innominados en el río Rubio, ubicado en LOMAS	991
9.11.9	Salto en el río Rubio, Lomas	992
10.5.1	Vista hacia el Norte del sitio de la escombrera 1.	1013
10.5.2	Vista hacia el Norte del sitio de la escombrera 5.	1013
10.5.3	Panorámica desde el Mirador El Encanto en Florida, Siquirres, del Sitio de Presa hasta Casa de Máquinas, P.H. Reventazón, 2008.	1080
10.5.4	Panorámica desde el Coco, Siquirres, de Casa de máquinas hasta Sitio de Presa, P.H. Reventazón, 2008.	1083

DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA)

Resumen Ejecutivo

Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Reventazón

La elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón, es responsabilidad de:

M.Sc. Dora Carías Vega _____
Coordinadora
Colegiada C.C.E. N°013554 /SETENA N° CI-026-1998

Lic. Anny Chaves Quirós _____
Bióloga
Colegiada C.B.C.R. Nº147 /SETENA N° CI-198-1997

Lic. Ana Cristina Hernández Alpízar _____
Arqueóloga
SETENA N° CI-030-1999

Ing. Allan Retana Calvo _____
Ingeniero Agrónomo
Colegiado C.I.A. N°4452 /SETENA N° CI-24-1998

M.Sc. Dora Carías Vega _____
Economista
Colegiada C.C.E. N°013554 /SETENA N° CI-026-1998

Bach. Adrián Zeledón Montero _____
Sociólogo
SETENA N° CI-048-2004

Bach. Samantha Camacho Varela _____
Planificadora Económica y Social
Colegiada C.C.E. N° 016286/SETENA N° CI-076-2007

Lic. Rolando Núñez González _____
Ingeniero Forestal
Colegiado C.I.A. N°3236 /SE/TENA N° CI-169-1996

Bach. Carlos Gamboa Hernández _____
Biólogo
Colegiado C.B.C.R. N°563
SETENA N° CI-146-1996

Lic. Gerardina Araya Astorga _____
Geógrafa
SETENA N° CI-037-1999

Bach. Carlos Arrieta Quesada _____
Biólogo
Colegiado C.B.C.R. Nº1578
SETENA Nº CI-089-2008

Dr. Olman Arias Molina _____
Geólogo
Colegiado C.G.C.R. N°200 /SETENA N°CI-105-2000

Dr. Asdrúbal Vargas Sanabria _____
Hidrogeólogo
Colegiado C.G.C.R Nº362
SETENA N° CI-184-1997

Dr. Rafael Barquero Picado _____
Geólogo, Sismología
Colegiado C.G.C.R. N°128
SETENA N°CI-066-2001

Lic. Ana María Bolaños Calderón _____
Abogada
Colegiada C.A 15193
. SETENA N°CI-132-2008

Lic. Carlos Roberto Rodríguez Meza _____
Ingeniero Civil, Hidrólogo
Colegiado IC Nº4369
SETENA N° CI-129-2008

Lic. Edwin Garita Segura _____
Geólogo
Colegiado C.G.C.R.Nº251
SETENA N° CI-199-2006

M.Sc. Max Ureña Ferrero _____
Geógrafo, Especialista en SIG
SETENA Nº CI-166-1996

Lic. Joaquín Méndez Argüello _____
Geógrafo, Especialista en SIG
SETENA Nº CI-079-2001

M.Sc. Maritza Rojas Molina _____
Comunicadora
SETENA N° CI-099-2008

Lic. Carlos Fallas Saborío _____
Historiador
SETENA N° CI-126-2008

Lic. Eugenia Gutiérrez Castro _____
Ingeniera Civil
Colegiada IC Nº 3090
SETENA Nº CI-139-2008

COLABORARON

Bach. Jorge Leiva
Biólogo

Tec. Luis Artavia Alpízar
Técnico SIG

Ing. Mauricio Morales Morales

Ing. Luis Roberto Rodríguez

MSc. Sergio Guillén Murillo

Marjorie Rodríguez Bolaños

Bach. Krysia Castillo Picado

Resumen Ejecutivo
Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Reventazón

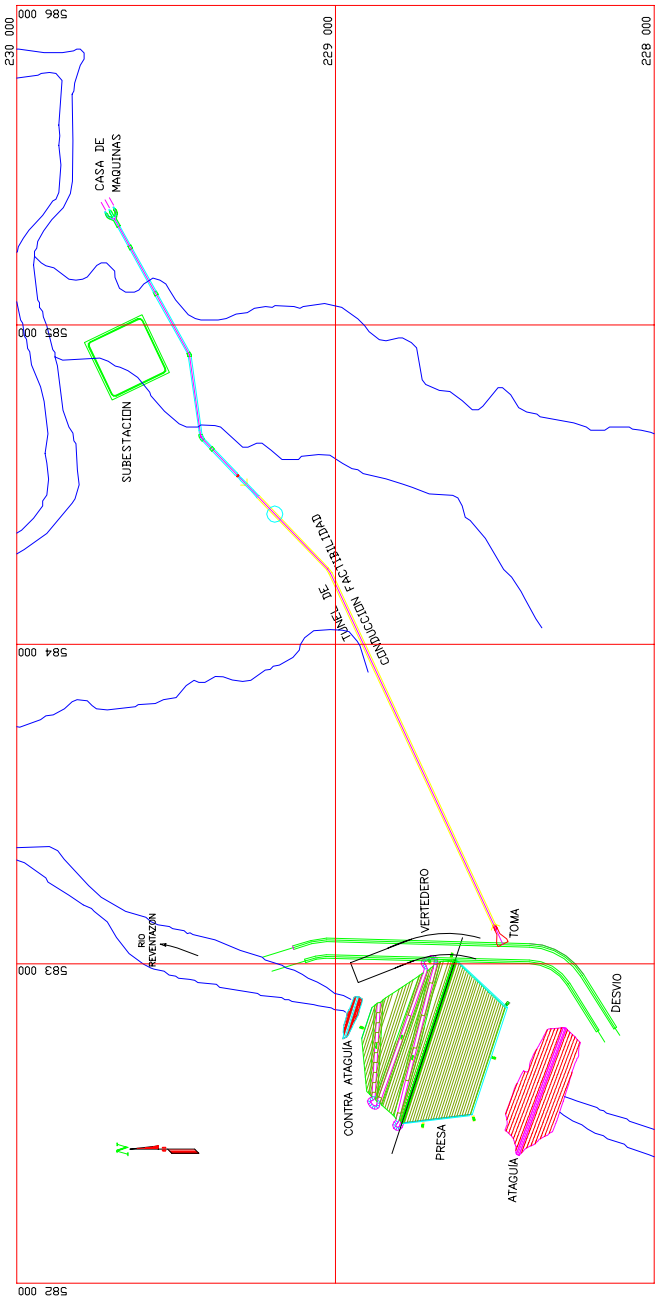
1. Introducción

El P.H. Reventazón sería el cuarto aprovechamiento que hace el ICE del río Reventazón. Se ubicaría aguas abajo de la Planta Angostura, en la cuenca media de dicho río, 8 kilómetros al suroeste de la ciudad de Siquirres (38 km aguas abajo del sitio de restitución de la casa de máquinas de la Planta Hidroeléctrica Angostura). El proyecto aprovechará el potencial energético de este río entre las cotas 265 y 120 m.s.n.m.

El proyecto se enmarca dentro de las coordenadas geográficas de proyección Lambert este 578 000 a 586 000 y norte 221 000 a 231 000; se le puede ubicar dentro de estas coordenadas en la hoja cartográfica Bonilla del Instituto Geográfico Nacional, en escala 1:50 000, como muestra la figura 1

El proyecto aprovecha las aguas que fluyen hacia el río Reventazón. La presa se construirá en un estrechamiento natural del cauce, donde la elevación del lecho del río es aproximadamente 160 m.s.n.m. El área de la cuenca correspondiente es 1739 km^2. La mayoría de las obras del proyecto se localiza en la margen derecha del río (obras de desvío, vertedero, toma de aguas, túnel, tanque de oscilación, tubería forzada, casa de máquinas y subestación).

Figura 1
Localización del P.H. Reventazón



Fuente: Informe al consultor sitio presa P.H. Reventazón (2008)

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es:

Realizar un estudio de impacto ambiental que permita evaluar la viabilidad socio-ambiental del P.H. Reventazón.

Los objetivos específicos a desarrollar en este Estudio de Impacto Ambiental son:

- Realizar estudios de aspectos físicos, biológicos, socioeconómicos y socioculturales, para conocer la situación actual del área donde estaría inserto el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón.

- Analizar diferentes opciones técnicas, para la ejecución del proyecto, integrando el conocimiento adquirido de las condiciones del medio (comprendiendo como tal condiciones físicas, bióticas y aspectos relacionados con las comunidad humana).

- Situar al P.H. Reventazón dentro de la realidad dinámica del área de influencia socio-ambiental del proyecto, proponiéndolo como un 'vecino' nuevo que entrará a la comunidad y que debe contribuir para el mejoramiento en la calidad de vida de las áreas circundantes.

- Establecer un sistema de participación activa de las comunidades dentro del área de influencia social del proyecto, para convertirlas en parte del estudio y así comprender sus ansiedades, preocupaciones y expectativas con respecto al proyecto y sus diferentes etapas.

- Identificar, valorar y priorizar los impactos positivos y negativos que se podrían generar a partir de la implementación del proyecto, considerando para ello el criterio del equipo profesional evaluador y considerando los insumos y el conocimiento de las comunidades dentro del área de influencia social del proyecto.

- Proponer medidas correctivas y compensatorias para los impactos del proyecto durante sus diferentes etapas, situándolas, cuando sea posible, dentro del contexto del desarrollo de las localidades circundantes; potenciar los impactos positivos del proyecto, nuevamente dentro del contexto del desarrollo de las comunidades.

- Establecer nexos y alianzas con los diferentes actores que deben ser partícipes en la promoción del desarrollo de las localidades dentro del área de influencia social del proyecto, como lo son gobiernos locales, comunidades, ministerios, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas, etc.

- Establecer un Plan de Gestión Ambiental ejecutable, que propicie la viabilidad del proyecto y que además, contribuya en la medida posible, al desarrollo de las localidades dentro del área de influencia social del proyecto y a generar una mejor calidad de vida para las mismas.

- Generar conocimiento en la forma de estudios socio-ambientales para que las comunidades sepan los recursos con los que cuentan, y que puedan utilizarlos, con ayuda del ICE y otros actores y partes interesadas, para generar un desarrollo local sostenible.

3.3 Metodología (adaptada del EsIA P.H. Toro 3 por Carías y colaboradores 2005)

En este apartado se incluye la metodología que se aplica en las diferentes etapas del Estudio de Impacto Ambiental.

Considerando además de las referencias que se encuentran en la literatura, se toma como referencia metodológica para evaluación, la experiencia previa de metodologías aplicadas en estudios para proyectos hidroeléctricos en el Instituto Costarricense de Electricidad.

3.3.1 Etapa de diagnóstico

En esta etapa cada especialista trabajó en la recopilación e interpretación de información. Se utilizó información primaria y secundaria. En el área socioeconómica, la información socioeconómica recopilada fue sometida a validación por parte de las comunidades involucradas, por medio de talleres participativos. Se concluyó con la presentación del informe respectivo y con el intercambio de información a nivel de equipo interdisciplinario, para analizar los principales hallazgos en cada una de las áreas de estudio. Con esta información se establece la línea base o situación sin proyecto.

Partiendo de esta línea base e integrando los elementos que serían insertos al medio a través del establecimiento del proyecto, el equipo procede a dar inicio a la etapa de identificación de impactos.

3.3.2 Identificación de impactos

En primera instancia cada especialista determina aquellos impactos que estima serán provocados hacia los elementos del medio que se encuentran dentro de su ámbito de especialidad, los cuales posteriormente son analizados por el equipo en forma interdisciplinaria para determinar los impactos macro y las interrelaciones entre los mismos.

Una herramienta comúnmente utilizada para identificación y evaluación de impactos es la matriz de Leopold, la cual se basa en la ***identificación*** de relaciones de causa y efecto, para las cuales, en la etapa de ***valoración***, se indica la magnitud (M), importancia (I) y un signo negativo o positivo (Arce 2002), no obstante González (1997), señala que si bien es una herramienta con validez para identificación de impactos, no es el ideal para los EsIA, por lo que diferentes autores han propuesto modificaciones a la misma, como las que se utilizan en este caso.

En el presente caso para llevar a cabo esta identificación se usó como herramienta la matriz que se adjunta en el cuadro 1, modificada de la matriz aplicada para el Estudio de Impacto Ambiental del P.H. Toro 3 (2005). Se seleccionó esta herramienta debido a la

experiencia que se ha tenido con la misma en otros Estudios de Impacto Ambiental realizados por el ICE, como lo son el EsIA del P.H. Cariblanco y del P.H. Toro 3. Sin embargo, se realizaron modificaciones especialmente en relación a los factores ambientales en el lado izquierdo de la matriz, para evitar confundir factores con impactos y procesos. En la parte superior de la matriz se modificaron las obras (y sus actividades) que producirán impactos ya que el P.H. Reventazón, por su magnitud y por el tipo de proyecto que es, difiere mucho del P.H. Toro 3. Se mantienen sin embargo los parámetros para valorar los impactos.

3.3.3 Valoración de impactos

La valoración de impactos correspondiente al Estudio de Impacto Ambiental para el P.H. Reventazón, está fundamentada en la valoración de seis parámetros o atributos, por cada impacto y su prioridad es definida por el sistema de banderas rojas, que consiste en "alertas" de las acciones más impactantes de las obras, identificadas a través de las casillas de la matriz causa-efecto, ésta alerta nos llama la atención hacia aquellas actividades y/o obras para las cuales se deben buscar alternativas que lleven a la reducción del impacto (Conesa 1997).

En el presente caso se consideran los aspectos relacionados con intensidad, temporalidad, espacialidad, reversibilidad y dependencia, que fueron considerados como aspectos más generalizados para los elementos a evaluar.

La ***intensidad*** (**I**) del impacto se determina con base en una escala numérica, de modo que varía de forma ascendente, los números se acompañan de un signo negativo (**-**) o positivo (**+**), según sea el carácter del impacto, cada uno de los cuales está acompañado de un color.

Se utilizó la siguiente escala de valores:

1 Impacto despreciable a leve
2 Impacto moderado
3 Impacto alto
4 Impacto severo

A continuación se muestran los colores asignados a las casillas según su intensidad y carácter positivo o negativo, basado en el sistema de banderas rojas, modificado y aplicado por Valverde *et.al*. (1998).

Positivos		**Negativos**	
	Muy alto (+4)		Severo (-4)
	Alto (+3)		Alto (-3)
	Moderado (+2)		Moderado (-2)

El código de colores está en función de focalizar de forma más rápida, aquellos impactos más significativos, tanto los positivos como negativos, así que no se le asigna un color a aquellos impactos que están en la escala del 1, por ser considerados con carácter leve a despreciable.

En cuanto a ***temporalidad*** los impactos se clasifican como temporales (**T**) o permanentes (**P**). Los impactos temporales son aquellos que se dan durante un periodo de tiempo como consecuencia de una acción determinada y los impactos permanentes son aquellos que se mantienen a través del tiempo, aún después de ejecutada la acción. Se adopta la definición de CONESA, donde se indica que un impacto temporal es de 1 a 10 años y permanente es de más de 10 años.

La ***espacialidad*** se refiere a aquellos impactos que se dan a nivel puntual **(P),** local (**L**) o regional (**R**), la amplitud del carácter puntual para efectos de este estudio se definió en el área de proyecto (AP), que es el espacio ocupado por la obra en sí. El carácter local comprendería el área de influencia directa (AID), que en este estudio se delimitó por una circunferencia de 500 m alrededor de cada obra. Y los impactos regionales serían aquellos que afectan áreas que se localizan en el área de influencia indirecta (AII), delimitada en este caso por un anillo de dos kilómetros, o más allá de esos límites.

La ***reversibilidad*** hace alusión a aquellos impactos que una vez ejecutada la acción impactante limita la posibilidad de que los elementos sujetos a afectación retornen a su estado original, en cuyo caso sería irreversible (**I**) o bien impactos que se generan por una acción determinada, durante un periodo de tiempo y que posteriormente ya sea de forma natural o por inducción los elementos que fueron alterados pueden adoptar condiciones similares a aquellas que existían antes de la ejecución de dicha acción, por lo cual sería un impacto reversible (**R**), en este atributo, a diferencia de Conesa (1997), que lo especifica sólo para aquellas circunstancias en que el retorno a las condiciones originales se dé de forma natural, se comprenden también aquellos casos en los cuales se da a través de intervención externa (recuperabilidad en el texto citado). En CONESA, un periodo de 1 a 5 años requerido para retornar a las condiciones iniciales se considera reversible, y de más de 5 años se considera irreversible.

El carácter de ***dependencia*** se refiere a los efectos de encadenamiento que surgen a partir de una acción, por lo tanto, son dependientes aquellos cambios provocados en el medio y que conllevan consecuencias hacia otros elementos (**D**), e independientes (**I**) los impactos que son muy puntuales y que no acarrean efectos secundarios significativos hacia otros factores del medio.

Los hallazgos que surgen durante la etapa de diagnóstico, representan un insumo básico para la definición clara de las filas y columnas que se incluyen en la matriz de evaluación de impactos, pues es a partir del diagnóstico que el equipo visualiza con mayor objetividad y apego a las condiciones reales de las interacciones del proyecto con el entorno en el cual estaría inserto, los impactos potencialmente significativos.

Para el presente caso se seleccionó como base para la implementación de medidas de mitigación y compensación, aquellos impactos negativos que correspondan a una intensidad moderada o mayor (igual o mayor a -2).

Cuadro 1
Matriz de impactos P.H. Reventazón

3.3.4 Descripción de las acciones incluidas en la matriz de impactos

A continuación se mencionan las diferentes obras del proyecto y una descripción de las acciones que conlleva cada obra.

Embalse

Limpieza de sitios: Consiste en la remoción de la cobertura vegetal presente en los sitios a inundar tales como pastizales, árboles y flora menor. Esta actividad se realiza mediante la corta de los árboles con motosierra, mientras la extracción de los troncos se hace utilizando maquinaria como tractores o excavadoras. Las especies de flora menor se retiran mediante colecta manual para su traslado a otros lugares, donde se puedan translocar.

Conformación de taludes: Estabilización de sitios con riesgo de deslizamiento por medio de manejo de aguas, muros o concreto lanzado.

Llenado: Es el proceso mediante el cual se va almacenando la capacidad máxima del embalse hasta la cota 265 m.s.n.m.

Mantenimiento: Durante la operación del embalse, el mantenimiento que se ejecuta está enfocado a la eliminación de materiales flotantes que pueden obstruir las parrillas de acceso a la toma de aguas, para ello se utiliza un equipo limpia rejas que mecánicamente saca materiales como troncos, lirio, basuras, entre otros. También se pueden definir rutas de inspección en lancha por el embalse durante las cuales personal en forma manual retira materiales flotantes como botellas plásticas, llantas y otros que no son biodegradables.

El equipo limpia rejas también es sometido a actividades de mantenimiento en su sistema eléctrico, hidráulico y de estructura.

Presencia: Se refiere a la etapa donde se genera electricidad con el agua almacenada, por lo que se producen oscilaciones en el nivel del embalse, de acuerdo al plan de operación de la planta

Presa y Vertedero

Limpieza de sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, por la margen derecha o izquierda del sector, para lo cual deberán construirse caminos a los diferentes niveles de excavación, así como taludes y bermas. Para lograr esto, se pueden usar voladuras, martillos, ripper pesados y livianos, excavadoras y tractores.

Otra actividad incluida en esta etapa es la estabilización de las márgenes, para la protección y seguridad de las personas, maquinaria y equipos. Podrían ser apuntalamientos, ademes u otras obras de protección (concreto lanzado).

Enrocado: El diseño de este tipo de presas, la constituyen varias zonas de materiales que tienen una función específica dentro del cuerpo de la misma. Se colocarán materiales con

diferentes características y propiedades mecánicas.

Obras civiles (Vertedero y cara de concreto): Estas etapas están divididas en obras de contención y excedencias. Para la presa incluyen la construcción de losas, plinto, cortinas de inyección y drenajes, tratamientos de consolidación y el parapeto de la cresta. Para el caso del vertedor se contempla la construcción de losas y muros, anclajes y drenajes, bloque de cimacios, pilares y muros de cresta, compuertas y patín.

También se incluyen las etapa de las obras de toma y la minicentral.

Presencia: Una vez concluida la construcción de la presa, la presencia determinará la formación del embalse.

Mantenimiento: En cuanto a la presa, el mantenimiento que se ejecuta es predictivo, tiene como objetivo verificar que la presa se mantenga dentro de las condiciones de diseño, para ello se le da seguimiento a equipo de medición como inclinómetros, se realizan levantamientos topográficos, y se ingresa a las galerías para ver posibles daños. Estas actividades están a cargo de personal de la UEN PYSA en la dependencia Auscultación de Obras, durante estas actividades no se prevén afectaciones al medio ambiente. Por parte del personal de la planta a lo que se le da mantenimiento es a la presencia de vegetación en la presa que no exceda el tamaño recomendado para que sus raíces no afecten sus características.

En cuanto al vertedor, el mantenimiento está más enfocado a las compuertas y ataguías, para ello se debe dar mantenimiento a los equipos de control eléctrico e hidráulico lo mismo que a su estructura.

Obras de derivación

Ataguía y Contra-ataguía: Se deben construir dos ataguías ubicadas, una aguas arriba y otra aguas abajo de la presa (contraataguía), con la cresta a una elevación de 195 y 170 msnm respectivamente. La ataguía es un dique de cierre ubicado aguas arriba de la presa, construido sobre el lecho del río, que permitirá desviar el caudal hacia los túneles de desvío y con ello permitirá el inicio de la excavación en la fundación de la presa. Para que facilite el desvío del río hacia los túneles, será necesario colocar materiales de sobre-tamaño, con el propósito de evitar el arrastre de la corriente, en el momento del cierre.

La contraataguía tendrá la función de evitar que las aguas desviadas a través de los túneles de desvío regresen hacia el sector de excavación de la fundación de la presa.

Túnel de desvío: Por tratarse de una presa de enrocado, el desvío del río se debió planear a través de dos túneles. La margen derecha resultó más adecuada por producir la menor longitud de los túneles.

Operación como desvío: El esquema de la obra considera ubicar la descarga de fondo dentro del túnel de desvío izquierdo. Las estructuras que la conforman son: estructura de entrada (del túnel de desvío), cámara de compuertas y estructura de salida.

Túnel

Excavación del portal: Contempla los movimientos de tierra iniciales para la excavación subterránea del túnel. El diseño incluye la conformación de bermas y taludes, con sus respectivas obras para el manejo de aguas.

Excavación subterránea: Puesto que la longitud del túnel es de apenas 1 600 m, se realizará el proceso de excavación mediante la técnica de barrenación y voladura, mediante la construcción de un banco superior y uno inferior de la misma medida. La barrenación se realizará mediante el uso de barrenadoras electro hidráulicas tipo Jumbo de tres brazos, con el uso de explosivos tipo Hidrogel y/o emulsión. Se utilizarán fulminantes no eléctricos que serán activados mediante un sistema de iniciación eléctrico.

Revestimiento, blindaje e inyección: Las actividades de revestimiento y blindajes corresponden a todos los procesos que se llevan a cabo para conformar la superficie hidráulica y que permitirá el flujo del agua. Consta de las siguientes etapas: limpieza de piso, colocación de contrapiso, revestimiento en concreto y blindaje con tubería de acero. Posteriormente se realiza el proceso de inyección que corresponde a la colocación de una lechada de cemento entre los espacios del revestimiento y la pared de la excavación.

Presencia: Durante la operación de la planta el portal de aguas arriba del túnel (toma de aguas) queda sumergido por el agua.

Tanque de oscilación

Limpieza del sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación de la primera terraza y del pozo. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, para lo cual se construirá un camino.

Obra metalmecánica: Incluye las siguientes etapas: excavación estructural, relleno de confinamiento y montaje

Presencia: Al tratarse de una estructura semienterrada, la visibilidad es limitada a áreas cercanas. El mantenimiento del tanque de oscilación se refiere más que todo al control de la corrosión, durante la operación es normal que el tanque sea pintado nuevamente. Este mantenimiento de pintura se realiza aproximadamente cada 10 años, dependiendo del análisis que se realiza sobre su estado este período podría ser menor.

También se debe dar mantenimiento a la iluminación en los alrededores del tanque, durante esta actividad el personal técnico debe estar al cuidado de recoger todos los desechos que se generen, tales como bombillos en mal estado, cinta aislante de vinyl, trozos de cables, entre otros. Alrededor de la parte expuesta del tanque de oscilación, se debe mantener chapeado para que la maleza no acelere la degradación del tanque. Para ello se deben realizar chapeas mecanizadas y no utilizar productos químicos.

Tubería de presión

Limpieza de sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de

excavación de la primera y segunda etapa. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, para lo cual se construirá un camino paralelo a la obra, así como taludes y bermas.

Obra civil y metalmecánica: Incluye las siguientes etapas: colocación de concreto lanzado en piso de trinchera y taludes, construcción de armaduras, bloques de anclaje y monturas y colocación de tubería.

Presencia y mantenimiento: La presencia constituye una barrera en el sitio. El mantenimiento de la tubería de presión es el mismo que se le da al tanque de oscilación, básicamente está enfocado al control de la corrosión. Una vez que se detectan problemas de corrosión, se debe volver a pintar. En algunos casos las tuberías de presión se llenan de hongos los cuales deben ser eliminados con diluyentes y raspado en forma manual o mecanizada. Se toman las precauciones del caso para que el material no contamine el entorno.

Campamento y fábrica de tubos

Limpieza y movimiento de tierra: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación para la conformación de terrazas para la ubicación de instalaciones. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, para lo cual se utilizará el camino principal a las escombreras.

Construcción de la obra civil: Básicamente lo constituyen la construcción de losas, montaje de paneles de paredes, colocación de techos, instalaciones eléctricas y sistema de aguas potables y residuales.

Operación de campamento: Durante esta etapa hacen uso de las instalaciones el personal administrativo, así como el personal que duerme en el lugar. Así mismo hay actividades relacionadas con talleres, dispensario, áreas de esparcimiento, comedor, oficinas y otros.

Cierre técnico: Una vez concluida la etapa constructiva del proyecto, las instalaciones son removidas para ser usadas en otros proyectos del ICE.

Área vehicular

Preparación del sitio: Para esto solamente se hace un raspado de la primera capa de suelo, con el fin de construir la losa.

Dispensador de combustible: Existe un dispensador central donde la maquinaria y vehículos cargan el combustible directamente en el lugar. También el combustible es transportado en tanquetas a los sitios de obra para maquinaria estacionaria.

Mantenimiento de vehículos: Este se da periódicamente en lugares establecidos, con losas de concreto y canales perimetrales para el manejo de residuos líquidos.

Cierre técnico: Una vez finalizada la etapa constructiva se retiran las losas utilizadas.

Sitio préstamo-aguas abajo

Limpieza del sitio: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan construir las instalaciones provisionales. Para el caso de los sitios de extracción no existe esta etapa, ya que el material presente en el río se utiliza en el proceso constructivo.

Extracción de materiales: Consiste en la extracción del material aluvional del cauce del río Reventazón. Debido a que el cauce presenta diferentes morfologías a lo largo del área a ser concesionada, se deben emplear diferentes formas de extracción. En los sectores en que el cauce sea amplio, pero que la mayor área la ocupen las terrazas aluviales, se reubicará el río por una de las márgenes y se colocará la maquinaria dentro de las terrazas, para trabajar en la parte "seca". En las terrazas, se construirán trincheras paralelas al cauce activo del río, separadas entre sí.

También se extraerá material directamente del río, ya que debido a las avenidas, el río agradará su piso, lo cual es perjudicial para las labores extractivas y paso de maquinaria, por tanto se extraerá material de su cauce.

Preselección y trituración: Esta fase incluye todos los procesos de pre-selección, trituración de la roca, clasificación y tratamiento ambiental del agua de lavado.

Acarreo: Esta consiste en el traslado de materiales según el frente de trabajo. Para esto se utilizarán vagonetas de 12 y 24 m^3

Cierre técnico: En esta etapa se incluye el retiro de instalaciones provisionales, cierre de caminos y conformación de áreas.

Casa de máquinas

Limpieza del sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana. La excavación tiene dos etapas: a cielo abierto y vertical estructural. La primera incluye la conformación de taludes y bermas y colocación de concreto lanzado con malla electrosoldada. De ser necesario se colocarán drenajes y pernos.

Para la excavación vertical se harán cortes con refuerzo temporal.

Dique de protección: Esta es una obra muy importante, ya que siempre la casa de máquinas se encuentra contiguo a un agente fluvial. En este caso se trata de uno de los ríos más caudalosos de Costa Rica por lo que el dique tiene que ser lo suficiente grande para proteger todo lo relacionado con la construcción y operación durante las avenidas máximas.

Obra Civil: Esta etapa incluye las siguientes actividades: construcción de losa de cimentación, muros, entrepisos, columnas y vigas, tanto para el edificio como para la cámara de restitución.

Obras Electromecánicas: Esta etapa incluye las siguientes actividades: colocación de malla tierra, montaje de equipos turbogeneradores, cableado eléctrico, tableros de control y montaje de grúa viajera.

Generación de energía: Se produce en la etapa de operación con el funcionamiento de unidades de generación.

Presencia: Consiste en la operación de la casa de máquinas. En general se ubican operadores y otro personal técnico.

Mantenimiento: El mantenimiento se debe realizar tanto interna como externamente a la casa máquinas. En la parte interna está más enfocado a los equipos electromecánicos. Los equipos que contienen aceite como los tanques de los gobernadores de velocidad, tienen a su alrededor muros anti derrames por si se presenta una falla para que el aceite quede contenido en esta trampa.

En las afueras de la casa máquinas, todo debe ser chapeado en forma mecanizada. En cuanto a los transformadores de salida de las unidades generadoras y el almacén de materiales inflamables, tienen construidos muros anti derrame para contener posibles derrames de aceites por fallas.

Subestación

Excavación: Consiste en el acondicionamiento del área, para lo que se realizará una excavación estructural y la remoción de material por corte del terreno. Dicho material será ubicado en las escombreras cercanas a la obra.

Obra Civil: Incluye las siguientes etapas: trazados y excavaciones de cimentación, concretos y trabajos de urbanización, armado de estructuras, montaje de equipos, colocación de cableado y balasto y la etapa de pruebas.

Presencia: La principal barrera son las torres de salida para la conexión a la línea de transmisión.

Mantenimiento: Ver comentarios para la Casa de Máquinas

Línea de transmisión

Excavaciones y armado de bases: Consiste en la excavación de los cuatro huecos para las patas de esta estructura. Para amarrar la pata se le coloca concreto pobre en el fondo de la parrilla. Como paso siguiente se inicia el proceso de relleno y compactación de los huecos.

Izado de torres: Esta actividad se inicia una vez que se concluye el proceso de compactación de la base y se utiliza un chapulín o malacate para poder estar subiendo las piezas de cada sección. Además, se utiliza una pluma estructural para el trabajo de armado.

Tendido de cables: Este trabajo consiste en la colocación de los conductores, iniciando por el hilo guarda, a los cuales debe dárseles la tensión indicada por el diseñador.

Paso de corriente: Momento a partir del cual se comienza a generar electricidad siendo transportada por los cables.

Presencia: Las torres constituyen barreras visuales y para aves con su presencia.

Mantenimiento: Chapea, poda de especies arbóreas para evitar que alcancen la altura de los cables.

Accesos (12 grupos)

Conformación: Para el caso de los caminos existentes solamente se ampliarán los anchos y radios de curva, conjuntamente con un mejoramiento de la superficie de rodamiento con la colocación y compactación de lastre. Para los caminos nuevos se deberá excavar el trazado definido, considerando el ancho y radios de curva necesarios. Posteriormente se colocará geotextil en la base del camino, previo a la colocación de lastre.

Para ambos casos podría ser necesario conformar taludes con bermas y la construcción de obras de manejo de aguas. De acuerdo al uso y la pendiente, algunas de estas vías se podrían cubrir con asfalto o concreto compactado con rodillo.

Utilización: Las vías serán utilizadas en forma intensa principalmente para el acarreo de agregados y material de excavación a enviar a las escombreras.

Escombreras (14)

Preparación del sitio, construcción de estructuras confinantes y drenajes: Para la conformación de las escombreras, se debe retirar la capa orgánica de suelo, colocar drenajes en la base y construir obras para el manejo de aguas de lluvia. Para contener el material de excavación se conforman diques perimetrales y se excavan sedimentadores.

Acopio y manejo de escombros: Este proceso se realiza dependiendo de las características topográficas del lugar. En sitios con topografía ondulada se coloca el material desde la parte de mayor elevación hasta los sectores más bajos. En sitios planos se coloca el material en capas hasta simular una pirámide. Para la conformación se utilizan tractores.

Sitios de acopio (2): Se utiliza el mismo principio explicado en el apartado anterior.

Cierre técnico: Al finalizar la actividad se conforma el material, relajando la pendiente del terreno. Posteriormente se coloca la capa orgánica de suelo guardada para ese propósito. Dependiendo si los terrenos son propiedad del ICE o privados se siembra pasto o árboles.

3. Diagnóstico ambiental

3.1. Sistema biofísico

3.1.1. Geología y geomorfología

El sector donde se ubica el P.H. Reventazón posee condiciones geológicas complejas, debido a la presencia de estructuras de fallas y pliegues producto de una tectónica activa.

En la zona del proyecto se registra la historia geológica que ha experimentado la región a partir del Mioceno Superior al Reciente. Las unidades sedimentarias encontradas corresponden con Las Formaciones Uscari, Río Banano y Suretka. Las formaciones

volcánicas o subvolcánicas que se encuentran son Doan y Depósitos volcánicos recientes. También se encuentran aluviones y coluvios como depósitos recientes.

Los modelos tectónicos propuestos señalan el alineamiento del río Reventazón como parte del Cinturón Deformado de Costa Rica, el cual representa el límite de la microplaca de Panamá.

Las características geológicas encontradas en la zona apoyan fuertemente el modelo de límite de microplaca. Las rocas en este sector se encuentran fuertemente tectonizadas, deformadas y en general de características geotécnicas de baja resistencia.

Las rocas del Mioceno Superior al Plioceno se encuentran plegadas mostrando una serie de sinclinales y anticlinales que hacen que la secuencia sedimentaria se repita a lo largo del cauce del río Reventazón.

Tres sistemas de fallas han sido encontrados en el área de estudio: sistema NW, sistema SW y fallas inversas. Las fallas NW son de desplazamiento de rumbo y de tipo dextral. Las fallas SW son igualmente de desplazamiento de rumbo y de tipo siniestral. Las fallas inversas corresponden con estructuras de empuje encontradas en el frente de montaña y son parte de las fallas que han sido interpretadas como parte del límite de la microplaca de Panamá.

Se han encontrado nuevas fallas que no habían sido determinadas anteriormente. Estas fallas pueden ser consideradas dentro de los sistemas propuestos para el área.

La dirección del plegamiento y las fallas son el resultado del sistema de esfuerzos que afectan el sector de Costa Rica, en el modelo de interacción de la tectónica de placas.

La falla Siquirres correspondiente al sistema de fallas inversas deberá analizarse mejor para establecer el sismo máximo esperado de esta estructura. La falla activa más cercana (falla Pacuare) tiene un sismo esperado de 7,0 Mw, aunque podría ser mayor si la traza de esta falla se extiende más de lo hasta ahora considerado.

Para los aspectos geomorfológicos, se consideró un área de 174.39 km² que corresponde a un sector de la cuenca del río Reventazón en el sector del curso medio inferior, donde solo se consideran los principales afluentes y tributarios para la cuenca que abastece el Proyecto Reventazón.

Cartográficamente el área se ubica entre las hojas escala 1: 50 000 del IGN Tucurrique y Bonilla, de las cuales un 70 % de la cuenca definida se ubica en esta última hoja.

Los límites del área en estudio están definidos hacia el Suroeste (SO) el límite interior de la subcuenca del río Bonilla donde su punto más elevado al Este lo forma la cima del Volcán Turrialba. En el Sur los interfluvios que separan la subcuenca del río Lajas de los tributarios de la cuenca en estudio. Hacia el Sureste (SE) el Alto Pilón de Azúcar y al Este las estribaciones que forman la divisoria de aguas entre las cuencas del Río Reventazón y Río Pacuare.

El rango de elevación para la cuenca en estudio va de los 2980 m.s.n.m. a los 100 m.s.n.m. donde la máxima elevación se ubica en la Fila Bonilla y es parte de la cima

del Volcán Turrialba. El sitio más bajo se localiza en la planicie aluvial del Río Reventazón cercano a la población de Siquirres.

El río Reventazón corre entre las formaciones litológicas volcánicas del cuaternario y las formaciones del vulcanismo pliocénico o terciario del aguacate, y corta estás formaciones así como series sedimentarias Terciarias que afloran en las riberas cercanas a su lecho mayor. (Bergoeing, 2007).

Esta condición hace que se pueda diferenciar dos grandes unidades morfológicas montañosas. En las laderas de la izquierda del río reventazón dominan las geoformas volcánicas recientes o del cuaternario. Las laderas de la margen derecha la geoforma dominante corresponde a relieves colinados denudacionales.

Entre el curso medio inferior y el curso inferior del río Reventazón se pueden caracterizar varias geoformas agradacionales. La margen izquierda presenta depósitos de pie de monte volcánico, mientras que hacia el norte donde el río reventazón se abre en la planicie aparecen los abanicos coluvio aluviales formados por este río.

La clasificación general de pendientes para el área permite observar que el 56.24 % (9808 hectáreas) de los terrenos se ubican en una topografía entre plana y ondulada, un 30.19 % (5265.7 hectáreas) son topografías fuertemente onduladas, localizadas principalmente en la laderas que forman el conjunto montañoso del Volcán Turrialba.

Un 13.56% (2365.3 hectáreas) del área definida presenta pendientes escarpadas entre 60 % y más, las cuales son características de las riberas de los ríos Bonilla y río Pascua que conforman marcados taludes de erosión en sus laderas.

3.1.2. Suelos

De acuerdo al Mapa de suelos de Costa Rica del Ministerio de Agricultura, se reconocen para la zona dos órdenes de suelos: los inceptisoles, que en términos de área éstos superan las 2.000 hectáreas, ubicados en ambas márgenes del cauce del río Reventazón, son parte de las tierras que se inundarán por el embalse, así como los sitios donde se depositará material o escombreras, donde se construirán caminos internos, la presa, el vertedor, se instalarán quebradores, patios de materiales e instalaciones temporales.

El otro orden de suelos presente en el área del proyecto son los ultisoles, con más de 500 hectáreas estarán asociados a la construcción de la tubería forzada y con la casa de máquinas.

3.1.3 Clima

El proyecto hidroeléctrico Reventazón se localiza en la región media-baja de la cuenca del río Reventazón. Esta cuenca está influenciada por las condiciones climáticas que rigen en la vertiente del Caribe de Costa Rica. El clima de esta región se caracteriza por los pronunciados cambios espaciales y temporales de la precipitación. Estos cambios obedecen a las variaciones estacionales del flujo en la escala sinóptica y local, y a la interacción de este flujo con la pronunciada orografía de la zona.

La vertiente del Caribe se encuentra bajo la influencia directa de los vientos alisios (flujo con una dirección media del este-noreste en el hemisferio norte) y por el desplazamiento

estacional del anticiclón del Atlántico Norte. El viento alisio se intensifica durante el período comprendido entre diciembre y abril y durante los meses de julio y agosto. En el período de diciembre a febrero, Centro América se ve afectada por frecuentes intrusiones de masas de aire frío que se originan en Norte América y se desplazan hacia el sur hasta alcanzar el Mar Caribe. Al desplazarse estas masas de aire frío sobre el Golfo de México, se cargan de humedad y, cuando alcanzan el istmo centroamericano, interaccionan con la orografía de la zona, produciendo lluvias de tipo estratiforme que persisten por varios días y que afectan a toda la vertiente.

Durante el período de mayo a noviembre, la precipitación es predominantemente de tipo convectiva. Este tipo de precipitación se caracteriza por ser de alta intensidad, corta duración y muy localizada. Es importante mencionar que durante los meses de julio y agosto, debido a la intensificación del viento Alisio, la precipitación es estratiforme con las mismas características que la que se presenta durante el período de diciembre a abril.

En general se puede afirmar que la vertiente del Caribe de Costa Rica se caracteriza por no tener una época seca claramente definida, presentándose precipitaciones durante todo el año.

3.1.4 Hidrología

3.1.4.1 Aguas Superficiales

La figura 2 muestra la red de ríos principales, así como las estaciones hidrológicas que se encuentra dentro del área tributaria al sitio del proyecto.

Para el estudio de caso del río Reventazón, se utilizó la información proporcionada por el Laboratorio de Estudios Básicos del Instituto Costarricense de Electricidad de los muestreos mensuales que se realizaron en el período 2000 – 2004 en el sitio donde se proyecta se ubicará la presa para el P.H. Reventazón. Se valoraron 18 parámetros físico químicos. A partir del año 2006 se continuó el estudio incorporando un sitio más de muestreo en la cuenca baja, donde se ubica la estación de medición hidrológica de Hamburgo y en el 2008 se adicionó otro punto de muestreo cerca de la restitución de Angostura (sitio Las Juntas).

De acuerdo al Reglamento para la evaluación y clasificación de cuerpos de agua superficiales (decreto 33903- MINAE-S, La Gaceta 2007) se recomienda utilizar el índice Holandés y el índice BMWP-CR.

EL Índice Holandés utiliza tres parámetros básicos para identificar contaminación orgánica en un cuerpo de agua: el porcentaje de saturación de oxígeno (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el nitrógeno amoniacal. Este modelo de clasificación permite identificar temporal y espacialmente un cuerpo de agua, de manera que es posible identificar la calidad de un tramo en una época del año.

Dado que se contaba con mayor información de parámetros fisicoquímicos para el estudio del P.H. Reventazón se utilizó un índice estándar llamado Índice de Calidad del Agua (ICA), comúnmente llamado ICAFNS, desarrollado en 1970 por la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos de América (FNSEUA), el cual puede ser usado en la determinación de la calidad del agua de un río en un período de tiempo y poder comparar

la calidad del agua en distintos puntos de un mismo río. Este ICA se compone de 9 parámetros físico-químicos y bacteriológicos. (Deininger,R. 1980.)

A cada uno de estos parámetros se les asigna un peso relativo a su aporte en el proceso de contaminación del cuerpo de agua, de manera que la sumatoria es igual a 1.0. Los valores obtenidos de cada parámetro físico-químico se grafican para obtener un valor Q, que debe multiplicarse por el peso correspondiente. Al sumar los valores obtenidos para cada parámetro re-obtiene un porcentaje total, con el cual se califica la categoría de calidad.

Cuadro 2
Categorías de calidad de aguas, aplicadas al ICAFNS

Valor (%)	**Descripción de la calidad**
90 - 100%	excelente
70 – 90%	buena
50 – 70%	regular
25 – 50%	mala
0 - 25%	Muy mala

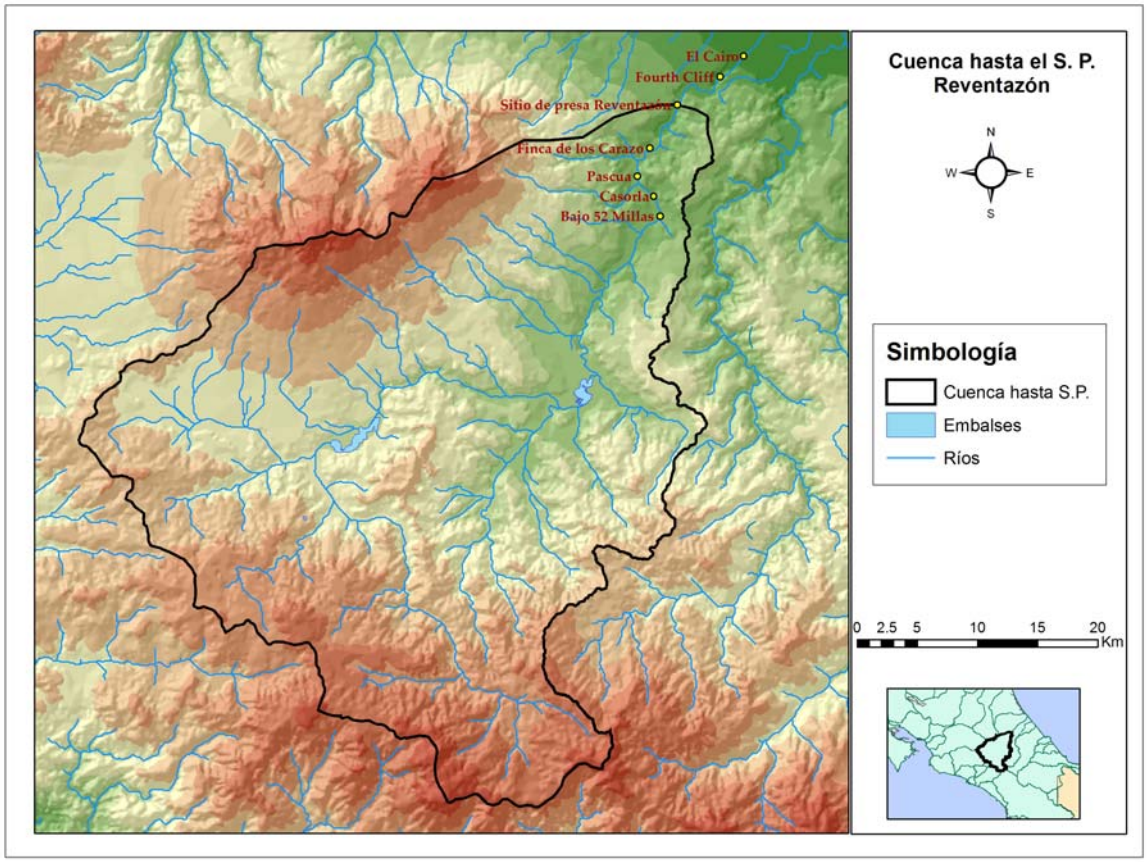
Para los sitios del P.H. Reventazón se aplicó un ICA modificado en donde se toma en consideración sólo 6 parámetros físico – químicos. Porcentaje de saturación de oxígeno, P.H., DBO, fosfatos totales, nitratos y sólidos totales.

Adicionalmente, se tomó como referencia la información de estudios anteriores de muestras de sedimentos en los sitios que alimentan el embalse de Cachí. También, en forma complementaria se utilizó el trabajo de Segura (2006) en el estudio de avance para la factibilidad del P.H. Reventazón, donde se aplicó el índice **BMWP'CR,** basado en la composición de las comunidades de invertebrados acuáticos y sus características como indicadores de contaminación para algunos afluentes y puntos en el cauce principal del Río Reventazón. Como parte de los estudios biológicos del EsIA, se realizaron muestreos de invertebrados acuáticos en enero y febrero del 2008 y se utilizó la información para aplicar este mismo índice a los mismos sitios que se utilizaron para el estudio de peces.

Estudios sobre la calidad del agua del Reventazón, anteriores a la instalación de la Planta de Angostura, valoraron la calidad del agua para diferentes usos. Los resultados, revelaban una alta carga de contaminación orgánica, por lo que solo recomienda su uso en navegación y paisajismo (Mora, 1997)

Desde el punto de vista físico químico, la composición del agua del río Reventazón es relativamente constante durante el año. Las concentraciones de minerales disueltos son normales, lo cual indica que al nivel del sitio de muestreo (sitio presa Reventazón) y de la Estación Hamburgo, las aguas no muestran condiciones de contaminación. Si se aplica el índice de calidad (ICA), la calidad de aguas es buena y en algunos meses del año llega a Excelente.

Figura 2
Red hídrica y embalses en la cuenca tributaria al P.H. Reventazón



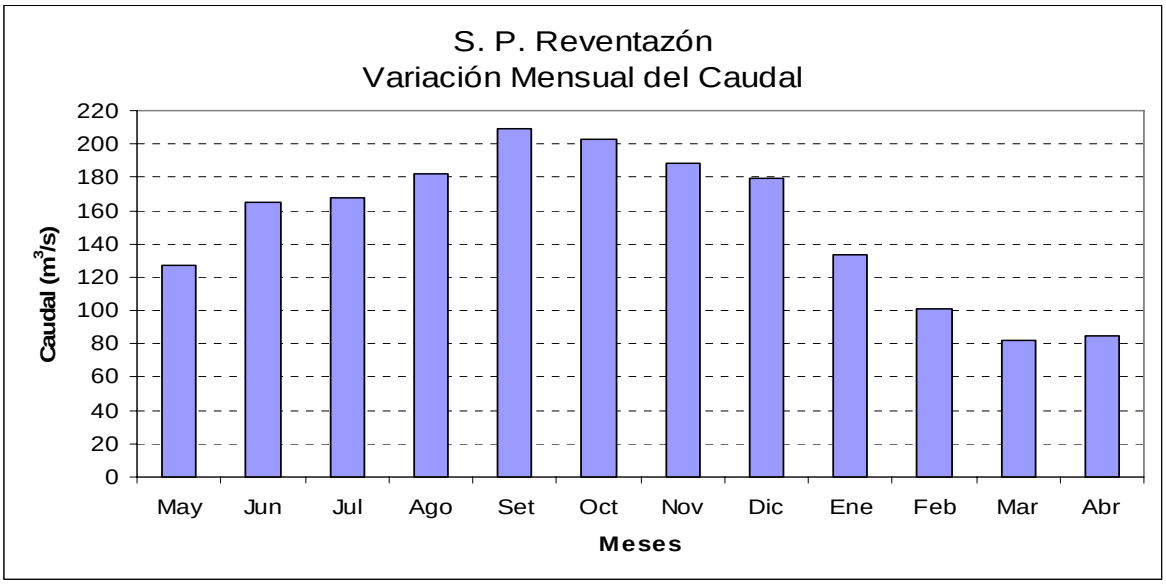
Fuente: Centro de Servicio Estudios Básicos, UEN PySA, ICE

Para la obtención de los caudales promedio mensuales en el sitio de presa se trasladaron los caudales registrados en la estación Pascua; período de junio de 1963 hasta el 30 de abril del 2005, para completar el año hidrológico 2004-05. Dichos traslados se hicieron utilizando una relación de área/lluvia. En el cuadro 3 se presentan los caudales promedio mensuales para el período mencionado, y en las figuras 3 y 4 se muestra: el régimen de caudales promedio mensuales y la variación del caudal promedio anual respectivamente

Cuadro 3
Caudales promedio mensuales en el sitio de presa Reventazón (m^3/s)

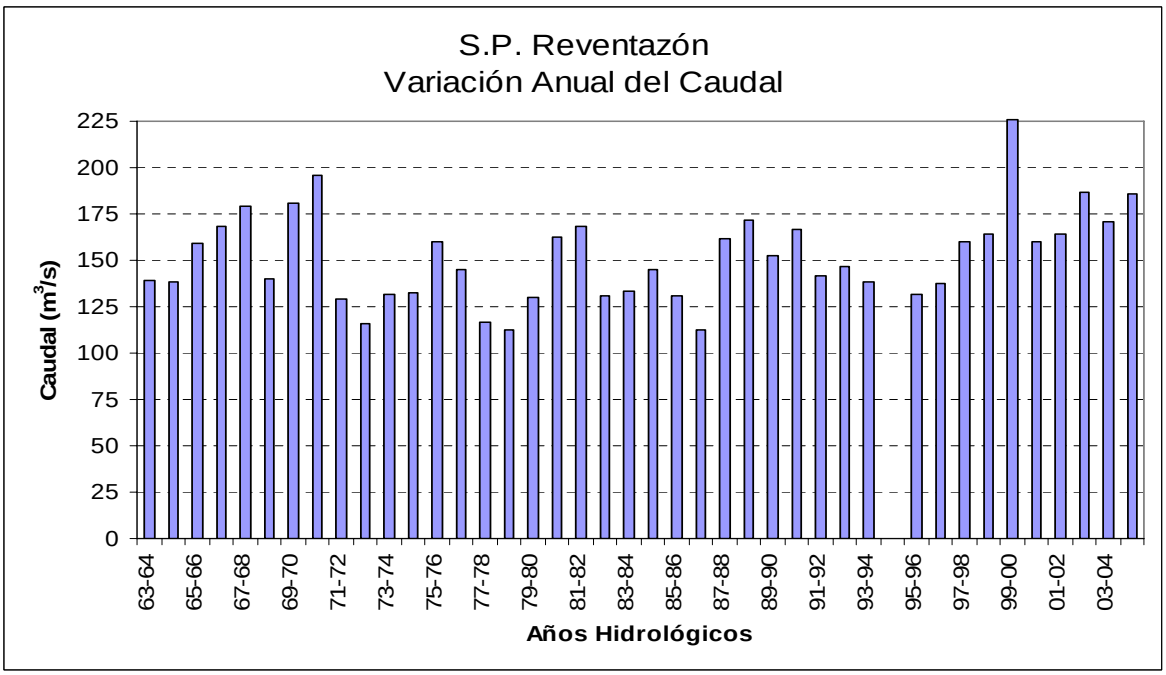
Año	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom
63-64		149.6	157.7	163.3	214.3	198.1	216.2	163.8	123.4	56.4	45.5	44.9	139.4
64-65	80.0	143.0	204.7	176.1	189.2	191.1	153.4	86.2	175.1	97.9	103.7	59.5	138.3
65-66	129.7	169.9	162.8	175.4	163.5	193.3	198.9	143.9	167.3	202.1	109.1	98.5	159.5
66-67	163.9	198.2	163.9	184.1	170.0	192.8	194.2	289.0	138.4	100.4	89.9	131.9	168.1
67-68	130.3	244.5	197.2	207.5	324.7	255.1	163.8	128.5	98.4	141.1	131.3	127.7	179.2
68-69	138.4	175.6	197.6	168.2	204.5	171.6	173.2	155.1	84.9	73.4	61.1	72.5	139.7
69-70	78.2	125.1	107.2	184.9	196.2	193.5	296.9	234.2	193.9	218.3	92.6	250.8	181.0
70-71	188.4	204.0	205.0	163.7	200.3	198.8	252.2	440.5	170.8	95.8	105.0	121.0	195.5
71-72	127.4	138.6	175.2	174.6	171.7	209.6	131.6	80.3	100.3	80.5	65.9	96.6	129.4
72-73	118.0	102.2	103.0	145.3	168.2	175.6	150.8	142.6	109.9	77.8	61.4	39.3	116.2
73-74	77.7	191.1	137.8	171.4	136.6	163.0	150.6	193.1	124.3	84.2	76.1	74.1	131.7
74-75	110.6	182.4	166.6	171.3	127.5	162.1	133.9	258.6	81.0	71.4	55.4	69.7	132.5
75-76	74.0	137.2	169.5	205.8	243.1	190.1	220.2	301.1	165.4	88.4	64.2	58.3	159.8
76-77	113.1	192.3	231.5	206.5	210.9	158.5	227.2	112.7	86.0	69.4	63.1	65.3	144.7
77-78	82.3	120.4	152.1	213.7	151.5	165.8	140.6	80.4	50.9	116.4	60.8	65.4	116.7
78-79	90.6	116.7	127.9	129.3	178.0	171.6	153.4	133.3	67.6	44.4	38.6	101.5	112.7
79-80	149.7	154.5	131.9	172.0	180.9	192.6	155.7	102.1	101.3	124.2	51.6	46.3	130.2
80-81	80.0	163.9	153.6	149.4	218.3	175.9	166.3	303.2	174.6	105.8	124.6	131.8	162.3
81-82	216.0	230.2	170.6	189.7	267.3	205.4	312.7	194.9	91.3	55.1	50.1	41.4	168.7
82-83	89.3	148.7	222.4	141.5	192.1	240.9	171.7	94.6	89.7	51.1	78.5	49.8	130.8
83-84	108.5	130.6	112.6	141.1	188.5	248.1	213.7	104.1	145.6	77.1	93.1	40.8	133.7
84-85	86.9	140.5	175.7	178.4	237.6	177.9	156.3	223.8	120.1	98.6	78.4	62.8	144.8
85-86	77.1	186.1	118.5	163.4	179.9	175.2	148.8	103.3	133.1	72.9	116.1	94.9	130.8
86-87	80.2	120.5	160.4	150.2	168.4	210.6	122.4	68.4	70.6	76.0	48.8	76.0	112.7
87-88	89.5	142.7	159.1	209.7	173.2	257.4	126.0	156.8	247.1	161.9	126.3	86.1	161.3
88-89	94.5	157.3	164.8	295.2	310.0	333.3	153.8	150.3	132.3	89.6	94.5	88.4	172.0
89-90	102.5	147.5	166.5	209.9	249.6	206.7	206.1	160.3	145.0	69.7	112.6	57.5	152.8
90-91	157.3	210.0	206.5	201.0	214.0	274.6	198.4	272.5	66.4	77.4	50.7	67.4	166.4
91-92	143.9	162.5	174.1	206.7	152.8	178.6	191.5	161.9	88.3	75.3	92.7	73.8	141.8
92-93	131.7	134.5	153.4	197.1	251.7	240.0	119.9	124.5	116.0	124.7	90.4	73.1	146.4
93-94	160.5	165.0	166.6	172.2	242.5	207.5	127.8	168.1	76.9	61.5	53.8	55.4	138.1
94-95								190.6					
95-96	109.4	124.1	135.8	174.2	215.7	168.9	129.3	79.4	127.5	171.9	77.2	67.1	131.7
96-97	141.3	146.6	170.0	135.3	191.4	148.4	149.0	154.3	96.2	125.1	109.6	83.8	137.6
97-98	144.1	209.5	184.8	203.9	200.7	235.7	277.0	183.5	95.0	52.5	58.3	71.3	159.7
98-99	81.3	168.0	247.2	191.5	224.3	187.9	178.3	241.5	115.4	128.0	101.2	108.7	164.4
99-00	231.3	196.7	163.0	210.3	302.5	288.1	240.5	320.4	356.5	184.8	115.2	96.3	225.5
00-01	164.4	212.6	191.0	164.5	229.4	203.7	165.3	121.9	135.8	130.1	76.4	122.7	159.8
01-02	111.0	186.4	194.2	193.9	184.1	144.9	232.4	272.8	179.7	107.9	78.3	81.2	163.9
02-03	222.0	154.6	192.7	274.8	327.8	196.1	321.2	157.9	119.7	93.6	50.5	124.7	186.3
03-04	191.4	263.1	141.6	150.8	222.9	224.6	181.7	301.5	119.7	60.4	115.9	78.4	171.0
04-05	208.8	118.0	142.6	149.6	209.4	192.7	306.3	166.8	379.5	147.3	86.0	120.8	185.6
Prom	126.9	165.0	167.3	182.1	209.4	202.6	188.0	179.1	133.2	101.0	81.8	84.8	151.9

Figura 3 .
Variación mensual del caudal en el S.P. Reventazón.



Fuente: Elaboración propia, C.S. Estudios Básicos, UEN PySA, ICE

Figura 4
Variación anual del caudal en el S.P. Reventazón.



Fuente: Elaboración propia, C.S. Estudios Básicos, UEN PySA, ICE

3.1.4.2 Aguas Subterráneas

Las unidades hidrogeológicas presentes en el área del proyecto presentan características hidrogeológicas variables, con fracturamiento y porosidad variable lo que induce permeabilidad y almacenamiento variables. Así mismo es posible encontrar desde acuíferos confinados, acuíferos libres, colgados y unidades de pobre rendimiento considerados como acuitardos.

La profundidad del nivel freático del agua subterránea en el área del proyecto es variable, sin embargo hacia las márgenes del cauce del río Reventazón, así como en la zona baja de la finca La Plywood es posible encontrar el nivel freático muy cercano a la superficie. Algunas nacientes se encuentran cercanas al trazado del túnel o en la margen izquierda del sitio de presa y corresponden al nivel freático de acuíferos colgados y no están siendo captadas por los acueductos de las comunidades cercanas al proyecto.

Los acueductos ubicados alrededor del proyecto son vulnerables a la contaminación y a las variaciones de la precipitación que a su vez influyen directamente sobre el caudal utilizado. El abastecimiento se logra por medio de la captación de manantiales y no se utilizan pozos perforados, pues la demanda es relativamente baja. Las concentraciones de los iones mayoritarios analizados para varios acueductos están dentro de las normas de potabilidad del reglamento de calidad del agua del año 2005. La comunidad de Alto Guayacán no tiene un suministro de agua seguro, debido a las condiciones de ubicación topográfica, y por problemas de contaminación de nacientes cercanos que no se pueden utilizar.

La mayor vulnerabilidad a la contaminación se presenta sobre los acuíferos constituidos por los materiales aluvionales, constituidos por arenas y gravas bien seleccionadas, que se ubican en o cerca del cauce del río Reventazón, mientras que los materiales sedimentarios o volcánicos constituidos por granulometrías finas son de baja vulnerabilidad y se constituyen en sellos hidrogeológicos. Las zonas de recarga de los principales acuíferos en el área del proyecto incluyendo el embalse se encuentran distantes de las obras principales y no se verán afectadas por estas. Además las principales obras civiles del proyecto están ubicadas a varios kilómetros (2-3km) de distancia de las captaciones de las comunidades, por lo que es poco probable su afectación.

3.1.5 Calidad de la atmósfera

3.1.5.1 Ruido ambiental

El ruido en el proyecto es la consecuencia de la presencia de fuentes de sonidos que operan todos a la vez, tanto fuentes puntuales como móviles en cada una de las áreas donde se concentran las actividades constructivas.

El Proyecto contribuye a mantener un ambiente sonoro cargado de sonidos y ruidos que, de una manera u otra afecta a la población y al medio ambiente por su presencia continua y la magnitud de los niveles emitidos. De igual manera, representa un problema que puede reducir el nivel de calidad de vida de la población y la privacidad en el hogar.

La fuente de contaminación móvil de ruido más común durante la construcción del Proyecto Reventazón será el tráfico vehicular, por tránsito de pesado y de vagonetas, traslado de escombros y de materiales así como por maquinaria pesada y otros vehículos de uso continuo y diarios.

Otras fuentes sonoras son las fijas asociadas a la maquinaria que se utiliza en todas las obras de construcción, acopio de materiales, excavaciones y extracción de materiales del río.

Los principales factores que influirán en el nivel del ruido son: la forma de conducir (velocidad), el estado que incluye el mantenimiento y tipo de vehículo si es pesado o liviano, el diseño vial (alineamiento geométrico, pendiente, peralte, banda de rodamiento, tipo de construcción: asfaltada, lastre, tierra y estado de la superficie que se refiere al mantenimiento); otro elemento importante es la intensidad del tráfico.

Otras variables como la topografía, vegetación, dirección y velocidad del viento, presencia de nieblas, presencia o ausencia de obstáculos y/o barreras naturales o artificiales, determinan la propagación del ruido. (ICE. 2001. Estudio de impacto ambiental P. H. Cariblanco, Tomos 1 y 2, p. 23 y 132; García Senchermes, A.).

3.1.5.2 Calidad del aire

En el área del Proyecto y en el área de influencia directa del proyecto no existen fuentes de contaminación del aire, por lo que las condiciones generales del área son de buena calidad.

3.1.5.3 Descargas atmosféricas

La **figura 5** y **figura 6**, muestran la densidad de descargas atmosféricas. Este mapa se realizó para la zona donde se ubica el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón y sus alrededores, para el año 2005 y para el año 2006. Los mapas de densidad se preparan con las descargas tipo Nube – Tierra, localizadas con mayor precisión por el sistema. Se incluyen ambos años ya que la densidad se brinda en forma anual y dado que existe una variabilidad año con año se desea mostrar ambos casos. El análisis se realiza sobre rejillas cuadriculares de 10 km x 10 km (100 km^2). Los flash incluyen todas las descargas o rayos que caen en un segundo en una área de 10km alrededor del mismo.
Para determinar la severidad en los rangos de densidad con los flash, se utiliza la siguiente clasificación:

Rango (flash/km2/año)	***Severidad***
0 a 5	*Leve*
5 a 10	*Moderada*
10 a 15	*Severa*
Mas de 15	*Muy severa*

Esta clasificación es subjetiva, pero es importante para clasificar los valores de densidad.
Las densidades indican que para el año 2005, en la zona donde se ubica el P.H. Reventazón, las densidades están en el rango de 0.5 flash/km^2/año como se observa en la parte sur de la cuenca hasta alcanzar valores máximos de 6.0 flash/km^2/año, en la parte este y noreste donde se ubica el Sitio Presa. De acuerdo a la clasificación de la densidad estas zonas se ubicarían en un rango de severidad leve a moderada.
Las densidades para el año 2006 en el P.H. Reventazón son menos intensas, estas varían entre 0.5 a 3.5 flash/km^2/año, ubicando las mismas en el rango de severidad leve, como se muestra en la figura 6.

Figura 5
Mapa de Densidad de Descargas Atmosféricas
para el año 2005 en el P.H. Reventazón y sus alrededores.

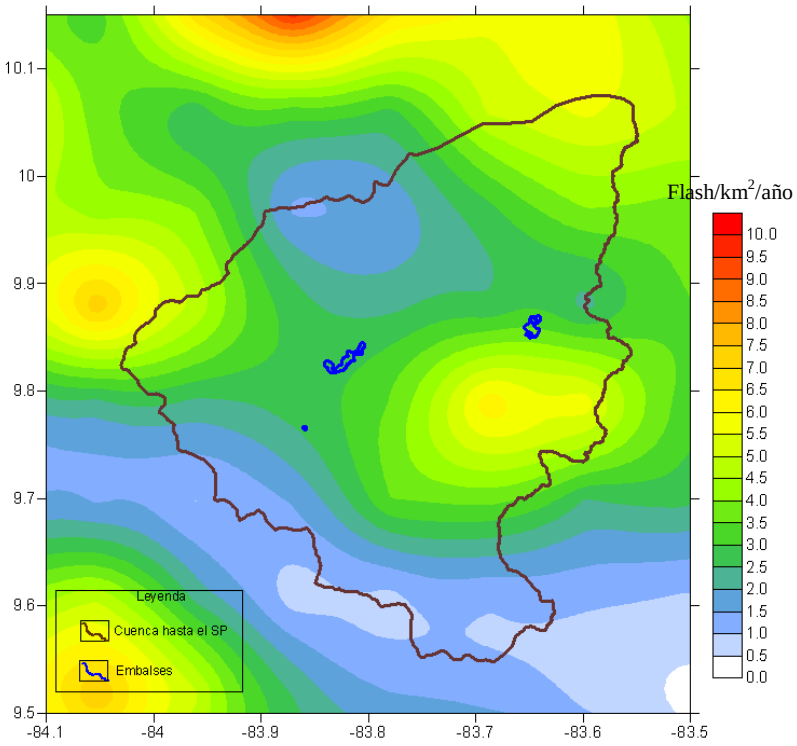
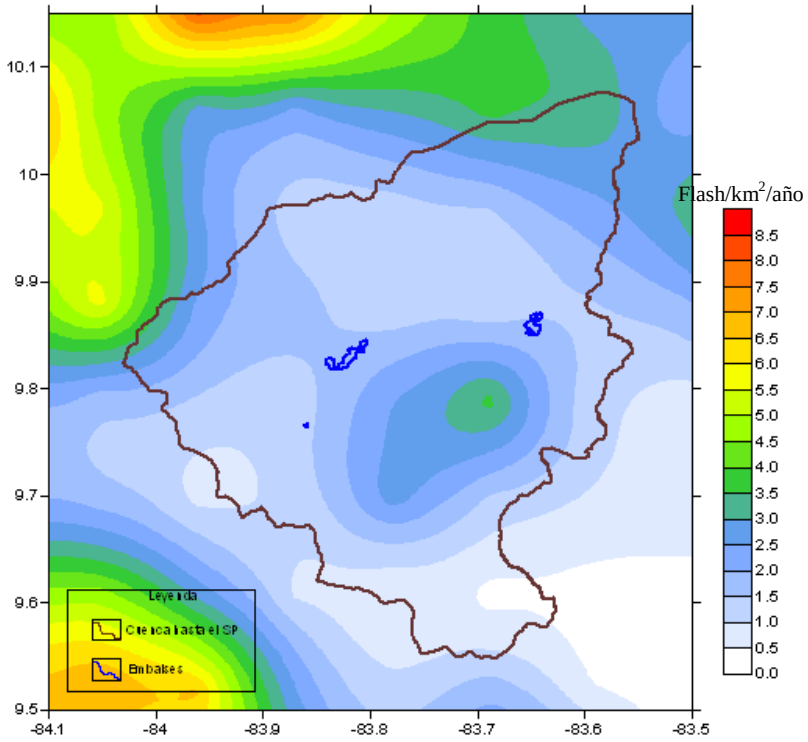


Figura 6
Mapa de Densidad de Descargas Atmosféricas
para el año 2006 en el P.H. Reventazón y sus alrededores.



3.1.6 Amenazas naturales

3.1.6.1 Amenaza sísmica

El P.H. Reventazón se localiza dentro de una zona de tectónica compleja en donde se han identificado varios sistemas de fallamiento importantes a nivel regional. Entre ellos sobresalen los siguientes: Tucurrique-Turrialba-Atirro, Navarro Oriental-Reventazón, Kabébeta-Bajo Pacuare y Guápiles-Siquirres-Matina.

A nivel local del proyecto, se determinaron varios sistemas importantes como el NW-SE que incluye las fallas Río Blanco, Carazo, Guayacán; el NE-SW conformado, entre algunas, por fallas sinestrales como Lomas 1, Reventazón y Lajas; y finalmente el sistema del Frente de Montaña que incluye las fallas Guápiles y Siquirres.

Al analizar cada una de las principales fallas identificadas en la zona del proyecto y de considerar su potencial sísmico, sismicidad histórica y ubicación con respecto a las obras del mismo, se consideró que dos de ellas estarían controlando la amenaza sísmica en este sitio: 1) El Frente de Montaña, relacionado con el sistema de fallas Guápiles-Siquirres-Matina y 2) el fallamiento superficial local cercano al sitio de proyecto. En el caso de la zona de subducción, se consideró con una baja amenaza sísmica debido a la gran distancia que se encuentra con respecto al proyecto. De considerar la condición

más adversa de ocurrencia de un evento sísmico en estas fuentes sísmicas con respecto al sitio de presa, se estimó para el mismo una aceleración horizontal pico de 0,41 g, de evaluar determinísticamente la amenaza sísmica.

La sismicidad en la región Caribe, aunque menos frecuente en sismos severos que el resto del país, también ha presentado varios terremotos en tiempos históricos y recientes que han provocado daños importante en la región, entre los que sobresalen el de 1953 en Matina (M_S 5,2), el de 1948 (M_S 7,0) entre Cartago y Turrialba y el de 1991 (M_S 7,6) en el Valle de la Estrella. También se han generado secuencias sísmicas asociadas a fallamiento local como las de 1976, 1987, 1988, 1993. Los terremotos históricos más importantes han generado intensidades (MM) altas en la región Caribe, como es el caso del terremoto de Limón de 1991, que alcanzó intensidades de hasta VIII-IX. En el sitio del P.H. Reventazón las máximas intensidades han sido de VII.

De la estimación probabilística de la amenaza sísmica se determinó que para un periodo de retorno de 1000, 2000 y 3000 años, se esperarían valores de aceleración horizontal pico de 0,50; 0,59 y 0,65 g para el sitio de presa, respectivamente. El periodo de retorno que se seleccione para escoger la carga sísmica de diseño, deberá estar en función del riesgo que se considere aceptable considerando un adecuado balance costo-seguridad.

En el caso que se requiera realizar análisis de diseño utilizando el método estático o seudo-estático, se recomienda utilizar los valores de coeficiente sísmico propuestos para California por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers) o los de Japón propuestos por la Comisión de Grandes Presas, así como cualquier otro código, norma o recomendación técnica de uso común y aceptado por la comunidad ingenieril internacional para el diseño de presas utilizando estos métodos. Lo anterior de considerar y asumir una similitud en el régimen sismo-tectónico de estos países o regiones con Costa Rica.

Se recomienda el monitoreo sísmico de la zona del embalse al menos dos años antes del inicio del llenado, de manera que se pueda tener conocimiento de la sismicidad de fondo y la naturaleza del ambiente sísmico del sitio antes de que cambien las condiciones por la presencia del embalse y se pueda identificar cualquier actividad sísmica anómala o inducida.

3.1.6.2 Amenaza volcánica

El volcán Turrialba está emplazado en una zona de fracturas tensionales de dirección NE, transversales al eje de la Cordillera Central, en donde se han instalado varias estructuras volcánicas coalescentes. El P.H. Reventazón (Factibilidad/Diseño Preliminar) se ubica en el flanco NW del volcán Turrialba (históricamente activo), y de su complejo de conos y cráteres alineados con rumbo NE. Ha eruptado de manera explosiva al menos seis veces durante los últimos 3400 años, la última de ellas entre 1864-66. El período eruptivo más violento fue de tipo pliniano, y sus depósitos corresponden a tefras de caída, oleadas y flujos piroclásticos. El punto de erupción fue cercano al actual cráter central de la cúspide, y su depósito más característico (subunidad 4) es una pómez de caída, que en la cúspide del volcán alcanza varios metros de espesor, y cuyo eje de depositación se orienta hacia el oeste. Se estima que la isopaca de 1 cm cubre un área de 1000 km^2, y la de 1 mm, 5000 km^2. El volumen aproximado estimado es de 0,1 km^3. A pesar de que el volumen eruptado es relativamente pequeño, esta es la erupción explosiva más voluminosa del Turrialba. La distribución mostrada por las tefras de caída es la típica para este tipo de

depósitos en Costa Rica. No obstante, la inaccesibilidad del área no permite un prolijo seguimiento del nivel de tefra, así como la abrupta topografía y la espesa vegetación.

La probabilidad de que alguno de estos volcanes (Turrialba y menos probable Dos Novillos) se active en el tiempo de utilidad de la obra (unos 100 años o más) es remota pero no imposible, dado que el Turrialba es un volcán activo, con erupciones prehistóricas e históricas importantes. Sin embargo, desde hace casi 140 años no ha tenido ninguna erupción. Por otro lado, dada la ubicación de las obras y la dirección de los vientos, los efectos directos probablemente serían mínimos. Los mayores efectos podrían ser la caída de ceniza fina, eventualmente lahares y coladas de lava, así como debris avalanche y seiche en el caso de construirse el embalse. Empero, la peligrosidad es mínima dada la ubicación de las obras y remota posibilidad que un evento de estos se llegue a generar en el período de vida del proyecto. Se estimó que las obras poseen un riesgo volcánico de un 9,6% como máximo pero que puede ser tan bajo y más probable de tan solo un 1,7%.

Tomando en cuenta lo anterior, aún con la poca información que se posee, el sitio de construcción de las obras del P.H. Reventazón queda fuera de las zonas de peligro en lo que se refiere a la actividad volcánica del Turrialba (Paniagua & Soto, 1986, 1988; Soto & Paniagua, 1992; Reagan, 1987, Jerez & Cline, 1990; Soto & Paniagua, 1992 y Reagan et al., en prensa), soportado además con el presente estudio.

El factor de exposición, que siempre reduce el factor de riesgo, introduce el hecho que el elemento de riesgo puede o no estar permanentemente en la zona de peligro y se expresa en % del tiempo total. Si asumimos que las obras van a ser construidas para 40-100 años de vida útil, y teniendo en cuenta que se proyecta su inicio en el 2010, tendrían en este momento un factor de exposición del 100% por estar permanentemente expuestas. También podemos asumir que la vulnerabilidad por los efectos de cenizas y lahares podría tener una escala de daños ligero (10-20%) para un siglo con base en una erupción menor (VEI < 3), cuya probabilidad está en el orden de 17-48%.

Los organismos que se encargan de realizar las labores de vigilancia del Turrialba son la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR), el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI). Aunque diversos volcanes costarricenses cuentan con el sistema mínimo de vigilancia, es decir, al menos una estación sismológica y visitas periódicas, el grado de conocimiento eruptivo de los volcanes está aún en estado de investigación, siendo así difícil desarrollar un diagnóstico y un análisis sobre el comportamiento futuro de cada volcán, en particular durante el desenlace de una fase eruptiva y su duración. Por ello, se recomienda la compra e instalación de una red sismológica de 6 estaciones para auscultar al Turrialba, así como las múltiples fallas activas.

3.1.7 Flora y Fauna

Según el mapa de zonas de vida, con base en el sistema de Holdridge para Costa Rica (Bolaños y Watson 1995), el Área del Proyecto (AP) se ubica en dos zonas transicionales: la Zonas de Vida del Bosque muy Húmedo Tropical Transición a Pre Montano y en la del Bosque muy Húmedo Pre montano Transición a Basal. El área de Influencia Directa del Proyecto incluye estas dos zonas y además, la zona de vida del bosque Muy Húmedo Tropical en la zona inferior del Río Reventazón y hasta su desembocadura como Río Parismina en el Mar Caribe.

En términos generales, el AP, AID y gran parte del AII presentan gran afectación de sus condiciones naturales como resultado de diferentes procesos de colonización, que datan desde el último cuarto del siglo IXX, con la construcción del ferrocarril, hasta eventos del final del siglo XX, relacionados a la consolidación de actividades productivas como las plantaciones de banano y piña y la construcción de la ruta 32 (Braulio Carrillo). Los ecosistemas terrestres de la cuenca media y baja del río Reventazón se han visto afectados por actividades antrópicas, de tal manera que quedan pocas áreas con cobertura boscosa, la mayoría de ellas de bosques con algún nivel de intervención y bosques de crecimiento secundario. Así mismo, la fauna original de la región ha sido desplazada a las partes altas de las montañas o se han refugiado en los parches que persisten en algunos sectores y en los cordones de vegetación de las áreas de protección de los ríos y quebradas. En términos generales, la fauna original ha sido sustituida por especies de zonas alteradas que amplían su rango de distribución. No obstante esta situación, los estudios realizados en la zona revelan que esta composición de fauna y flora mantienen un alto nivel de diversidad, como se discutirá en las secciones siguientes.

Los cordones de vegetación a las orillas de ríos y quebradas, aunque en unos casos son solo de pocos metros de ancho, cumplen una importante función en la conexión altitudinal desde los bosques de las tierras altas de la cordillera, hasta las tierras bajas y la zona del humedal en el área de los canales. Así mismo, las tierras que han quedado sin cultivar por varios años, debido a situaciones socioeconómicas, hospedan gran cantidad de especies que se han adaptado a aprovechar la alta producción de frutos y semillas de las condiciones de una sucesión inicial.

La conexión Norte–Sur, así como la conexión entre pisos altitudinales de diferentes cuencas, es vital para las especies que necesitan un amplio territorio para cumplir con sus necesidades vitales y que se movilizan entre zonas boscosas de gran tamaño. En la región Caribe, esta conexión se debilita en la cuenca del Reventazón, ya que la frontera agrícola se ha extendido hasta zonas altas de la Cordillera y son parches de bosque los que sostienen algún grado de conectividad.

Con respecto al ecosistema acuático, el río Reventazón ha sido utilizado como fuente de producción de energía desde 1966. En el cauce principal a nivel de cuenca media, existen dos represas que seccionan el ecosistema ripario con sus respectivos embalses, que modifican sectores riverinos de condiciones lóticas a condiciones lénticas. La represa de Angostura, con una altura de 36 M y ubicada a 600 m.s.n.m. constituye actualmente la barrera física más importante que separa las poblaciones de peces y de organismos acuáticos en el cauce principal y ha restringido la distribución de algunas especies acuáticas a altitudes inferiores a las que naturalmente se les podía localizar. La integridad del ecosistema acuático se muestra fracturada por las barreras que significan el cauce afectado por la disminución del caudal entre la presa y la restitución posterior de las aguas, por la barrera física de la presa y por la barrera ecológica que significa la laguna del embalse para las especies que no pueden adaptarse a una condición léntica.

Desde otro punto de vista, el de las aves acuáticas, el cauce del río Reventazón ha sido utilizado como una ruta para ingresar a los valles del Guarco y Central, para poder atravesar el país hasta el litoral del Pacífico, donde tanto el río como tal, sus principales afluentes y el conjunto de lagunas y lagunetas que existen en las cercanías de las márgenes del río, constituyen desde el aire, un corredor acuático, que brinda espejos de agua y condiciones óptimas como sitios de descanso para aves migratorias altamente dependientes de los sistemas acuáticos.

Desde los primeros días posteriores al llenado del embalse de Angostura en el año 2000, se reportaron especies de aves acuáticas que no habían sido observadas antes en los inventarios realizados en la zona. (Barrantes **et al**, 2000). En este conjunto, los embalses han significado para estas especies una ampliación del hábitat, donde algunas de ellas se han establecido como especies residentes y otras los utilizan en el paso de su ruta migratoria.

El ambiente marino costero está conformado por el estero que se ubica en la zona de influencia de las mareas en contacto con la desembocadura del río Parismina, esta zona es parte del sistema de lagunas costeras, canales barras e islas de barrera del Caribe. El río Reventazón ejerce una importante influencia en la dinámica de este sistema tanto con el aporte de agua como con el aporte de sedimentos.

3.2 Sistema socioeconómico

3.2.1 Uso de la tierra

El área total de la zona de proyecto cubre alrededor de 986.50 Ha. La afectación principal se hace sobre una de zona de pastizales solos o con árboles dispersos (47.95%), sobre todo en la margen derecha y en la otra margen se hace hacia la cola del embalse en la finca de los Carazo. Seguido está las áreas forestales con bosque intervenido (20.60%) principalmente que se verán afectados en la margen derecha del río Reventazón. Las plantaciones forestales de la finca Plywood cubren alrededor de 6.43 % del área de afectación del todo el proyecto (cuadro 4).

Cuadro 4

Uso actual de la tierra en la zona de proyecto

Uso Actual	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Zonas agropecuarias	**473.01**	**47.95**
Pastizales	135.09	13.69
Pastizales con Árboles	274.48	27.82
Plantación Forestal	63.44	6.43
Zonas forestales con vegetación natural	**265.91**	**26.95**
Bosque	62.67	6.35
Bosque intervenido	203.24	20.60
Zonas en estado de sucesión ecológica	**65.91**	**6.68**
Charral	65.91	6.68
Superficies de Agua	**181.63**	**18.41**
Ríos	181.63	18.41
Otros	**0.05**	**0.00**
Suelos descubiertos	0.05	0.00
Total	**986.50**	**100.00**

Fuente: ICE, 2008. SIG/CSGA.

3.2.2 Características sociales y económicas de las poblaciones

Las comunidades del Área de influencia Directa (AID) del P.H. Reventazón pertenecen al cantón de Siquirres que está conformado por comunidades de tres distritos a saber, Siquirres, La Florida, Alegría; el ADI se integra por 14 comunidades.

Siquirres es el distrito primero del cantón. Su división política administrativa se compone de 28 comunidades distribuidas en tres sectores: sector norte, sector central y sector sur; el P.H. Reventazón contempla dentro del AID cinco comunidades del sector sur.

La Florida es el tercer distrito del cantón, se compone de trece comunidades de las cuales siete se valoran dentro del EsIA.

La Alegría es el sexto distrito del cantón y el más reciente. Fue declarado como tal en febrero de 1997. De este distrito se analiza la comunidad de La Alegría Centro.

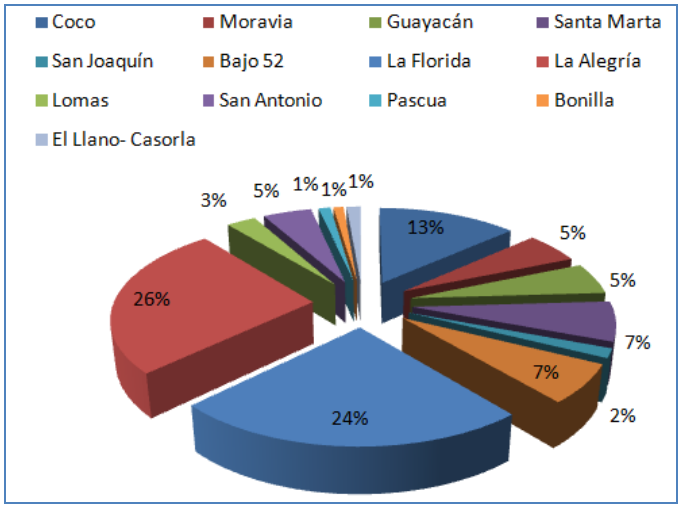
De acuerdo a datos del Análisis de Situación Integral (ASIS) de los Equipos Básicos de Atención Integral de Salud (EBAIS) de La Alegría y Santa Marta, actualmente la población de las comunidades del Área de Influencia Directa es de 5. 669 habitantes; las 14 comunidades tienen un total de 1459 viviendas. Las viviendas se clasifican en dos variables a saber rurales y rurales urbanas.

Cuadro 5
Distribución de la población y cantidad de viviendas.
Área de Influencia Directa
Proyecto Hidroeléctrico Reventazón

Comunidad	Población	Cantidad de viviendas	Margen
Coco	759	197	Derecha
Moravia	301	86	
Guayacán	304	75	
Santa Marta	379	107	
San Joaquín	89	23	
Bajo 52	369	50	
La Florida	1359	310	Izquierda
La Alegría	1487	414	
Lomas	160	40	
San Antonio	265	72	
Pascua	65	37	
Bonilla	56	20	
El Llano- Casorla	76	28	
TOTAL	**5669**	**1459**	**2**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ASIS 2005, Asis 2007 de los Equipos Básicos de Atención Integral de Salud (EBAIS) del Área Sur Santa Marta y Sector la Alegría; Caracterización socioeconómica y cultural CENPE- ICE 2006

Figura 7
Distribución poblacional por comunidad
Comunidades del Área de Influencia Directa.
Proyecto Hidroeléctrico Reventazón.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASIS 2005, ASIS 2007 de los equipos básicos de atención de salud (EBAIS) de área sur Santa Marta y sector Alegría

El cuadro 5 y la figura 7 anterior ilustran la distribución de la población de las comunidades del área de influencia directa del P.H. Reventazón. Podemos observar una significativa diferencia en las comunidades de La Florida y La Alegría con un 24 % y 26% respectivamente del total de la población, El Coco representa un 13%; para estas tres comunidades se justifica su población con relación al acceso a servicios y fuentes de empleo, la población se concentra según su disponibilidad.

Las comunidades de Margen Izquierda de Lomas hasta El Llano representan el menor porcentaje de población lo cual se justifica en razón de cierre del ferrocarril, la tendencia de la población es la de trasladarse a otras comunidades donde se tiene acceso a fuentes de empleo y concentración de servicios. En su totalidad la población de las 14 comunidades del AID representan un 19.5% del total de la población del cantón de Siquirres.

La situación económica de los poblados en el área de influencia directa del P.H. Reventazón difiere dependiendo de la margen del río Reventazón en la que se encuentren, y del estado de una pieza vital de infraestructura: caminos. También hay aspectos históricos que influyen fuertemente sobre su situación económica/productiva actual, como lo fue la clausura del ferrocarril al Atlántico y la apertura de la carretera Braulio Carrillo.

Las comunidades de la margen izquierda del río que se encuentran sobre el tramo lastreado de la ruta 415 (El Llano/Casorla, Bonilla Abajo, Pascua, San Antonia, Las Lomas) son comunidades económicamente deprimidas, que dependen más que todo de actividades agropecuarias a pequeña escala y de autoconsumo. La tenencia de la tierra en esta margen es de tipo parcela. Hay problemas con la titulación de las tierras.

La actividad más importante es la ganadería. Muchas familias tienen una finca con ganado y dependen de la venta de queso y/o cuajada, y leche pero a mucha menor escala. Las fincas tienen pocas posibilidades de empleo para otros miembros de la familia, ya que pueden ser atendidas por un par de personas. (Avendaño et al 2006).

Las fincas en esta margen se encuentran lejanas de centros de población grandes como Siquirres o Turrialba, y el mal estado de la ruta, cuyo tránsito durante la época de invierno es difícil aún con vehículo de doble tracción, limita las posibilidades de comercialización del queso. Por esta razón, los intermediarios se han convertido en una pieza importante en el ciclo de producción del queso. Los intermediarios, que por lo general son miembros de la misma comunidad, pasan dos veces por semana a las diversas fincas y llevan el producto a negocios en Guápiles, Turrialba y Siquirres en su mayoría (Avendaño et al 2006).

Una opción que ha surgido en el poblado de San Antonio es una quesera perteneciente a la Asociación de Productores de la comunidad. Esta quesera compra leche a los productores de San Antonio, por lo que se ha convertido en una opción importante de ingreso. Sin embargo, la pequeña escala de esta iniciativa y la poca capacitación que han recibido sus gestores ha impedido el crecimiento de la misma. Tampoco se han generado cadenas productivas que podrían lograr beneficios para más miembros de la comunidad.

La venta de productos agrícolas es escasa en ambas márgenes. En la margen izquierda, algunos productores colocan lo que producen directamente en la comunidad o se trasladan, si tienen los medios, a ferias del agricultor en zonas como Turrialba o Siquirres. Por lo general, estos mismos productores adquieren otros productos agrícolas y los venden o intercambian con los vecinos (Avendaño et al 2006). Un problema importante con la producción agrícola es el alto costo de transporte, ya sea de insumos para la producción o para sacar la producción. Esto se debe al mal estado de la infraestructura vial.

Se puede decir, por lo tanto, que en esta margen, el estado de la ruta limita la comercialización de productos así como el traslado de individuos para poder buscar otras opciones de empleo. También, los productores de la zona tienen niveles tecnológicos de producción muy básicos que no les permiten sacar mejor provecho de los insumos con que cuentan. La falta de capacitación para iniciativas claves como la quesera en San Antonio no ha permitido que los beneficios de esta pequeñas agroindustrias colectivas se distribuyan más entre la población.

Del lado derecho del río Reventazón, los mismos pobladores del área comentan que, “la agricultura tradicional está muerta (reunión comunal Santa Marta).” El culantro coyote para exportación se ha convertido en la opción productiva por excelencia, a pesar de sus impactos ambientales negativos y el descontento de las poblaciones por las condiciones de trabajo que se ofrecen con este cultivo. Existe aquí un leve conflicto con la disponibilidad de tierra para el cultivo de culantro, ya que algunas familias desearían tener más espacio para cultivar el producto, pero muchas tierras están ocupadas por gente de afuera de la zona que buscan tener sitios para vacacionar. Algunos caminos vecinales se encuentran en mal estado lo que dificulta sacar el producto al mercado.

Existen algunas grandes fincas agropecuarias y forestales en el área de influencia directa de esta margen. Una de estas fincas, en Bajo 47, debido a la extensión de su actividad

ganadera y porcina, es de las mayores empleadoras de las comunidades aledañas (San Joaquín, Santa Marta, Bajo Tigre y Bajo 47).

Un hecho histórico muy relevante en la historia económica de todas comunidades y sus unidades productivas fue la clausura del ferrocarril al Atlántico. Cuando estuvo funcionando el ferrocarril, los productores encontraban salida para sus productos, ya sea que fueran comprados por viajeros en el tren o que el tren facilitara el transporte a mercados.

Con la clausura del ferrocarril, las comunidades se quedaron sin opciones para sacar sus productos a los centros de comercialización. Muchos productores, al no tener alternativas, vendieron sus fincas y se mudaron a sitios con mejor infraestructura y/o más cercanos a los grandes centros de comercialización como Siquirres, Guápiles o Turrialba. Esta fuga de individuos dejó a poblados como Pascua con escasa población, por lo que a veces se refiere a los mismos como 'pueblos fantasmas'.

La construcción de la carretera Braulio Carrillo también generó impactos económicos negativos para estas comunidades, especialmente las de la margen derecha. Cuando la carretera Braulio Carrillo se convirtió en la ruta principal de acceso a la zona Atlántica, las rutas 415 y 10 perdieron importancia y los poblados que se encontraban a lo largo de dichas rutas dejaron de percibir los beneficios económicos que traen consigo las rutas de acceso.

Las comunidades como La Alegría, La Florida, El Coco y Moravia están cercanas a calles asfaltadas, por lo que el acceso a Siquirres y Guápiles es más fácil. Estas comunidades tienen más opciones de empleo cercanas a ellas como la agroindustria de la piña y FRUCTA, así como otras posibilidades que brindan los centros de población urbanos de los que están cerca. Sin embargo, aún así, estas comunidades externan descontento con las condiciones de trabajo y la falta de más opciones de empleo.

En general, las comunidades sobre la margen izquierda del río Reventazón, por su aislamiento y la tenencia de la tierra, son más frágiles económicamente. Impactos sobre la producción de las parcelas afectan no solamente a los dueños de las mismas, sino a toda la comunidad. Sin embargo, comunidades menos aisladas y más urbanizadas como La Alegría y La Florida son más resistentes a impactos que pudiera causar el proyecto sobre unidades productivas.

En la margen derecha, las comunidades están mejor comunicadas por el estado de la ruta 10. Tienen más acceso a centros urbanos y un poco mejor acceso a diversos empleos. Las comunidades de Santa Marta, San Joaquín, Bajo Tigre y Bajo 47 dependen de la actividad pecuaria de uno de los grandes terratenientes locales, por lo tanto, afectaciones a esta finca podrían incidir sobre la dinámica de empleo local.

3.2.3 Características históricas y arqueológicas

Arqueológicas

La prospección arqueológica realizada para el estudio de impacto ambiental del P.H. Reventazón permitió identificar e inventariar un total 37 sitios precolombinos, de los cuales solo se tenía conocimiento de uno.

En el área destinada para el embalse se reportó la presencia de los sitios Manuel, Omar, Montecristo, Carazo, Palomo, Juká, Hermosa, Tufo, Pascua y en el terreno donde se concentran la mayoría de las obras (T.O., escombreras, campamentos, FT, Subestación, casa de máquinas, quebrador, fábrica de tubos), también se ubicaron los sitios Guayacán, Jabillos, Platanar. Laurel, Plywood, Anonillo, Tres Amigos, Yutí. Además de los sitios Nubes y El Cubano reportados en las escombreras 7 y 12 respectivamente. Los depósitos son de carácter funerario, habitacional y petroglifos o la combinación de estos.

Las condiciones que presentan las terrazas elevadas, en cuanto a recursos disponibles para su explotación, permitió determinar que fueron muy utilizadas en tiempos precolombinos, prueba de ello es que la mayoría de sitios arqueológicos hallados en la zona de estudio se localizaron en el rango de 15-30 % de pendiente. Se espera que el número de sitios aumente durante la etapa de construcción, debido a que en algunos lugares no fue posible saber con exactitud el carácter de algunas agrupaciones de cantos, ya que la cobertura vegetal (charral, tacotal, plantación) impidió examinar el área con detalle.

Es importante resaltar que las terrazas ubicadas en la margen izquierda del río Reventazón en el poblado de Lomas se encuentran muy alteradas producto de deslizamiento donde se han depositado grandes cantidades de lodo y rocas sobre ellas. De existir restos arqueológicos se encuentran bajo toneladas de material.

Los asentamientos precolombinos reportados en el área de influencia indirecta para la margen izquierda son de gran importancia. Desde el punto de vista constructivo, están compuestos por complejos de estructuras arquitectónicas. Entre ellos se destacan Encanto, Krica y San Antonio, este último quizás el más importante a nivel local, albergando personajes de gran status social, económico y religioso.

Para el caso del sitio Encanto se reportaron estructuras circulares bastante alteradas, así como áreas funerarias, calzadas internas y externas, en lo que respecta a las áreas funerarias, resalta el hecho de la presencia de tumbas en forma de cajón construidas con cantos de río y tapas de lajas, delimitada cada una con un círculo de piedras. Esta última característica es hasta ahora única en este tipo de rasgo en toda el área, lo que permitió inferir la importancia del sitio quizás a nivel mágico religioso.

Otro rasgo detectado en el Encanto fue una estructura pequeña localizada en una loma y cuya posición es estratégica. Tiene visibilidad aguas arriba del río Reventazón donde fue frecuente la navegación en tiempos precolombinos. También se podía observar claramente el río Bonilla donde probablemente se encontraba un puente de hamaca, pues en esa dirección se encuentra parte de la calzada de acceso al sitio y continuaba descendiendo hasta la quebrada Linda. Este puesto de vigilancia refuerza la hipótesis anterior en cuanto a la importancia de los personajes que habitaron esta aldea.

Dentro de estos sitios con estructuras monumentales se encuentra Krica, con 7 montículos circulares cuyo uso puede interpretarse como áreas habitacionales o funerarias o ambas, a excepción de estructura 1, que se interpretó preliminarmente como una plaza.

En el caso del asentamiento arqueológico San Antonio por su carácter monumental se realizó un levantamiento topográfico con una estación total con curvas de nivel cada metro. Es un complejo compuesto de 13 estructuras circulares, una plaza cuadrangular,

13 áreas funerarias, 4 petroglifos. Teniendo en cuenta el alcance de la investigación, se mapearon algunas estructuras en el sector nuclear o central. Otras estructuras quedaron indicadas con un tramado como lo son las áreas funerarias.

Otro de los rasgos o estructuras precolombinas de gran importancia e interés, lo constituyen las calzadas o caminos empedrados, reportados en estos sitios monumentales. Existían calzadas internas que comunicaban estructuras y calzadas externas que articulaban los diferentes sitios a nivel local y regional, como es el caso de la calzada Palomo. Esta última se inicia en el sitio arqueológico Guayabo y continúa por los poblados actuales como lo La Unión, Dulce Nombre, Buena Vista, El Cas, El Sauce, Los Llanos, Bonilla Abajo, Pascua, San Antonio, Lomas Esta red de caminos permitió las relaciones políticas, económicas y religiosas entre los pueblos, donde el asentamiento Guayabo jugó un papel relevante a nivel regional.

Los nuevos petroglifos reportados; especialmente en la margen izquierda del río Reventazón, poseen como peculiaridad en sus diseños, oquedades de diferentes dimensiones, en algunos casos formando agrupaciones y en otros asociados a líneas curvas representando figuras (caras antropomorfas, espirales). Se necesita conocer mejor los sitios arqueológicos donde se encuentran los grabados ya que representan mensajes simbólicos posiblemente asociados a otros rasgos que nos darían pistas para acercarnos a su interpretación.

La información recabada durante la prospección arqueológica se debe visualizar de manera integral, pues como se mencionó en párrafos anteriores cada sitio se encuentra inmerso en un marco regional.

Como sitio singular identificado en la investigación realizada para el P.H. Reventazón fue el hallazgo del yacimiento de fósiles en el poblado de las Lomas, siendo muy relevante desde el punto de vista paleontológico. Debido a que en Costa Rica se han reportado muy pocos, de ahí la importancia de documentar dicho hallazgo, máxime que el lugar quedará sumergido con el llenado del embalse.

Históricas

La mayoría de los pobladores de las comunidades estudiadas son oriundos de la provincia de Cartago, especialmente provienen del cantón de Turrialba, de lugares como Pejibaye, Santa Cruz y la Suiza, entre otros.

El proceso de colonización es esa región está íntimamente ligado al desarrollo del ferrocarril. Poblaciones como San Antonio, Las Lomas, El Llano, Bonilla y Casorla, entre otras, nacieron y crecieron por influencia de ese medio de transporte.

El proceso colonizador de las tierras fue lento, paulatino y se dio por dos modalidades. La primera y la más importante fue que cualquier persona que lo decidiera, se internaba en lo que los mismos informantes indican, la montaña, no había caminos bien definidos, ellos iban abriendo trocha a caballo con carretas con bueyes y hasta a pie, llegaban a los lugares y tomaban el terreno que podían trabajar, de acuerdo a la cantidad de los miembros de su familia, volteaban la montaña y empezaban a sembrar.[1]

[1] Entrevista al señor Héctor Masis Solano, Comunidad de San Antonio, 23 de enero del 2008

La otra modalidad mediante la cual se colonizaron estas tierras fue por compra de parcelas. Dos ejemplos son las fundaciones de las comunidades de Bonilla y Bajo 52. En estos lugares existían fincas grandes de un solo dueño, que producían las tierras por medio de peones, quienes devengaban un salario e igualmente el patrono les permitía en sus tierras que sembraran parte de lo que necesitaban para vivir.

En síntesis el proceso colonizador en buena parte de esta región fue producto de la emigración de diversos pioneros provenientes de la provincia de Cartago, especialmente del cantón de Turrialba, quienes en su afán de buscar una mejor calidad de vida, ocuparon diversas tierras ociosas o se integraron en grandes fincas como peones asalariados. Ellos voltearon la montaña e iniciaron un proceso de producción agropecuaria en una economía de subsistencia familiar.

Gran parte de los cambios y la inestabilidad socioeconómica y demográfica de las comunidades se asocian al cierre del ferrocarril. Para estas comunidades, tanto el ferrocarril como el río Reventazón están íntimamente ligados a la historia y desarrollo de las mismas.

El ferrocarril era el medio de transporte fundamental de pasajeros y para comercializar su producción basada en productos agropecuarios. De hecho tres veces al día tenían ese medio de transporte, fijo, seguro y puntual. Asimismo el ferrocarril lograba la integración no solo entre las comunidades cercanas sino que a nivel nacional con gentes venidas de San José, Limón e inclusive mas allá de esos sitios.

Ese medio de transporte fue el catalizador del nacimiento de diversas comunidades a orillas de la vía férrea, las cuales paulatinamente lograron que se instalara una estación del ferrocarril en muchas de ellas como Casorla y Bonilla, para citar solo dos ejemplos.

El cierre del ferrocarril en 1995, significó quitarles a estas comunidades el medio más importarte y único de transporte terrestre, sumiéndolos en un letargo y pobreza, provocando la venta de sus tierras y el éxodo hacia otros lugares en busca de fuentes de empleo y de subsistencia.

Como consecuencia del cierre del ferrocarril y la nula respuesta a las demandas de las comunidades afectadas, ellos se unieron en un frente común de Asociaciones de Desarrollo, con una consigna en común que ampliaran y les asfaltaran el camino existente.

Mediante bloqueos de carreteras, manifestaciones en Siquirres y San José, reuniones con personeros del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOP) y otras instancias, llamaron la atención sobre el problema en cuestión. Sus ruegos poco a poco tuvieron eco; sin embargo, después de 13 años de cerrado el ferrocarril, las comunidades de la margen izquierda del sitio del embalse del proyecto, aun esperan porque se les asfalte la carretera que circunda esos lugares y que va en la actualidad de El Llano hasta las cercanías de la Alegría.

3.2.4 Paisaje

Los criterios que se aplicaron para el análisis del paisaje fueron: configuración espacial, cobertura de la tierra, aguas superficiales, componente antrópico; y características visuales: textura, cromatismo, morfología, visibilidad o efecto de apreciación del

espectador, umbral de impacto visual (< de 3 km.), e impacto visual de las obras sobre áreas paisajísticas.

Del trabajo de campo realizado y la colaboración del personal del Sistema de Información Geográfica se identificaron dos unidades paisajísticas bien diferenciadas: belleza escénica y singularidades naturales.

Belleza Escénica

Área influencia directa

Valles fluviales y Taludes

a. Río Reventazón
b. Río Bonilla
c. Quebrada Linda
d. Quebrada Hermosa
e. Río Blanco
f. Río Pascua
g. Río Rubio (Quebrada 45)
h. Quebrada Lajas
i. Quebrada Carazo
j. Quebrada Moncha

Zonas Planas

Zonas multiconvexas

Área influencia indirecta

Volcán Turrialba

Barra del Parismina

Área influencia directa

Singularidades Naturales

Láminas de agua

a. Laguna Bonilla
b. Laguna Bonillita
c. Laguna Lankaster
d. Laguna Lankaster Arriba
e. Laguna del Colombiano

Saltos de agua

a. Saltos del río Rubio (Quebrada.45) (6)
b. Saltos del río Destierro (4)
c. Salto de la quebrada Hermosa
d. Saltos del río Pascua (Roca)
e. Salto imnominado (Florida)
f. Salto Imnominado (Pascua)

La unidad paisajística del río Reventazón es una depresión de forma alargada, delimitada por las laderas verticales de las riberas de su cauce, su dirección es de S a NNE. En ambas márgenes hay terrazas planas casi horizontales formadas por materiales aluviales que han sido transportados y depositados por el mismo río, el ancho de las terrazas varía desde los 52 m hasta los 441 m de ancho, en promedio tienen 216 m de ancho.

El curso del río experimentó cambios que se podrían atribuir a la ocurrencia de deslizamientos de grandes dimensiones, a la recurrencia de varios procesos de remoción en masa en períodos de tiempo corto a consecuencia de eventos extremos de precipitación y a la sismicidad. Además, la inestabilidad de las laderas responde a eventos extremos hidrometeorológicos asociados a la combinación de factores geológicos, geomorfológicos y condiciones de humedad del suelo (ICE-CENPE, 2007).

En este paraje la cobertura está definida por un lado, por una masa de bosque homogéneo, y por otro lado existen masas vegetales que se encuentran en diferentes estados sucesionales, a pesar de ello algunas partes están muy alteradas; en áreas cuya topografía es menos agreste, predominan los pastizales solos o con árboles muy dispersos. Otro aspecto a destacar es la ocurrencia de deslizamientos de grandes proporciones que se activan en las paredes verticales de las márgenes, es de destacar el derrumbe localizado en la margen derecha del río, frente al antiguo poblado de Bonilla Abajo del Cantón de Siquirres según coordenadas Costa Rica Lambert 580 563 norte y 221 273 oeste. .

En La Florida, margen izquierda, se ubicará la presa y sus obras conexas, un sitio de acopio y dos escombreras, en la margen derecha (El Coco y Finca Plywood) estarán el tanque de oscilación, tubería de alta presión, casa de máquinas, subestación, escombreras, accesos, sitios de acopio y otras obras civiles para campamentos, oficinas, etc. El embalse se ubica desde Bajo Bonilla hasta Sitio Presa en Florida. El cauce de dominio público del río, tanto aguas arriba como aguas abajo del sitio de presa servirá como sitio de extracción de materiales tanto de sus reservas dinámicas como estáticas. El acarreo de materiales hacia las obras se transportará principalmente por la margen derecha así como los escombros de las excavaciones y otros materiales será llevado a las escombreras de ambas márgenes.

El contraste cromático, en general, se define por tonalidades a diferentes verdes determinados por los dos usos de la tierra predominantes, tonos oscuros al fondo, y en las laderas empinadas donde emerge el bosque los matices verdes claros están en primer plano en las terrazas de las dos márgenes y áreas cuyo relieve tiene pendientes suaves donde predominan pastos solos o mezclados con árboles muy dispersos; y en menor grado hay tonalidades de colores café donde se evidencia remoción en masa reciente y coronas de deslizamientos que no han sido colonizadas
por la vegetación. También se distingue por una estructura dispersa y textura de grano desde grueso hasta fino definida por el uso de la tierra

Los ríos tributarios que confluyen con el colector principal, en ambas márgenes son de aguas cristalinas con una gran capacidad de arrastre de materiales que llegan directamente al colector y/o van dejando en las riberas de su cauce, estos cursos fluviales torrenciales o de montaña se caracterizan por recorridos de distancia corta en pendientes altas. Un ejemplo es la crecida del río Rubio conocido como Quebrada Cuarenta y Cinco, el 31 de agosto del 2007 y el 25 de diciembre del mismo año, estos eventos causaron un cambio total del paisaje de su cauce y su entorno, desde el salto coordenadas 582 220 norte y 228 418 oeste, que se encuentra a 267 m de la confluencia con el Reventazón en Florida y a 140 m del sitio de presa, a consecuencia de un evento extremo de precipitación, dejando a su paso diferentes tipos de materiales de grandes dimensiones, también la confluencia de la quebrada al Reventazón durante en el evento fue tan violenta que "empujó" el río hacia la margen derecha.

Otros parajes identificados en la zona en la margen izquierda son el río Bonilla, la quebrada Hermosa, los ríos Pascua, Blanco y Rubio y las corrientes de agua de la margen derecha, a saber: las quebradas Moncha, Carazo y Lajas. La cristalineidad de las corrientes de la margen izquierda denota que aún forman parte de un relieve juvenil, predomina una cobertura boscosa en la cuenca alta y media, también son de una corta longitud. El estadio alcanzado por el ciclo de erosión en esos valles que forman una uve (v) escarpada y vertical es joven, mientras que en el curso donde la uve es más abierta, el caso del río Reventazón, llega a un estadio intermedio llamado de madurez.

En estos parajes cubiertos por bosques sobresale el color verde a diferentes tonalidades, hay una ocurrencia de verde oscuro en las líneas de bosque tupido (bosque de galería) que cubre las riberas de los ríos en las laderas; donde el río se ensancha las características cromáticas cambian a verde claro, la textura se clasifica desde grano mediano a grueso; textura y aspecto cromático están en función de los dos usos de la tierra: pastizales y bosques. Las unidades son alargadas y siguen la línea de cada curso fluvial. En las laderas desprovistas de vegetación dominan los afloramientos rocosos de color café en diferentes tonalidades cuya textura es fina. La vegetación propiamente de las laderas va de densa a escasa dependiendo del nivel de meteorización de la roca y de la verticalidad de las laderas.

Finalmente en la unidad se observa una homogeneidad por el predominio de una textura de grano grueso y el tono verde oscuro.

4 Identificación de impactos ambientales

A continuación se presenta un listado de los impactos identificados por el equipo evaluador. Se presenta un desglose del sistema geobiofísico y el sistema socioeconómico y cultural, refiriéndose a los elementos del medio que en una u otra medida se verían impactados por el proyecto.

Cuadro 6

Cuadro resumen de impactos

Componente físico

ELEMENTO	IMPACTOS
Geomorfología y Geología (rocas)	-Modificación del relieve por efecto de la preparación de sitios y excavaciones -Modificación del relieve por efecto de preparación y uso de escombreras -Alteración del lecho fluvial del río -Cambios en la morfología del lecho del río aguas debajo del embalse y presa. -Cambios en la forma de la corteza terrestre -Cambios en el nivel y condiciones asociadas al río -Cambios en la porosidad primaria y secundaria de las rocas colindantes al embalse
Suelos	-Cambio en las características físicas y químicas y microbiológicas del perfil y/o polipedón -Cambios en la tasa de erosión de suelos -Contaminación de las capas de suelo en obras y frentes de trabajo debido a derrames de sustancias peligrosas
Amenaza sísmica y volcánica	-Cambio en las condiciones sísmicas del área por presencia del embalse -Amenaza sísmica y volcánica hacia el proyecto
Aguas superficiales (calidad)	-Afectación a la calidad del agua por la construcción de diferentes obras -Afectación a la calidad y cantidad del agua hacia aguas abajo del embalse por maniobras de desembalse.
Aguas superficiales (sistema fluvial)	-Afectación a la cantidad de agua en el tramo crítico. -Alteración al régimen hídrico natural.
Aguas subterráneas (calidad)	-Afectación a la calidad de agua subterránea por construcción de túnel de desvió y túnel de conducción.

	-Afectación a la calidad del agua subterránea por construcción del pozo del tanque de oscilación. -Afectación de nacientes por escombreras (1, 5 y 12)
Aguas subterráneas (recarga)	-Disminución en la cantidad de agua de acuíferos confinados por extracción para disminuir sub-presiones. -Afectación a la recarga de acuíferos por construcción de diferentes obras
Aguas subterráneas (estructura de acuíferos)	-Afectación a la estructura de acuíferos por construcción de diferentes obras
Atmósfera (ruido ambiental)	-Incremento en el ruido ambiental por aumento en tránsito vehicular. -Incremento en el nivel de ruido por trabajos del proceso constructivo
Atmósfera (calidad de la atmósfera)	-Generación de partículas

Componente biótico

Ecosistemas frágiles	-Pérdida de ecosistemas frágiles
Corredores biológicos	-Interrupción de corredores biológicos
Fauna terrestre	-Pérdida de hábitat -Afectación a especies amenazadas y en peligro -Colisión de aves con cables -Interrupción permanente de movimiento migratorio de organismos acuáticos -Reducción de fauna acuática -Afectación a fauna acuática por sedimentos
Áreas protegidas	-Sedimentación de canales del sistema Tortuguero
Bosque	-Eliminación de bosque por construcción de obras -Deposición de material y sedimentos en bosques riparios. -Fragmentación del bosque
Uso del suelo	-Cambio en el uso del suelo -Ampliación y creación de caminos

Componente socioeconómico y cultural

Uso de la tierra	-Cambio de uso del territorio
Tenencia de la tierra	-Pérdida de derechos sobre la tierra
Características demográficas	-Cambio en la estructura poblacional -Cambios en la natalidad
Características económicas	-Cambio en la calidad de vida y nivel económico -Cambio en la situación económica del ingreso y valor de la propiedad -Cambio en el estatus o tipo de empleo -Cambio en las oportunidades ocupacionales, diversidad potencial o flexibilidad de empleo -Costo de oportunidad -Cambio en la prosperidad económica de las comunidades
Cotidianidad	-Cambio en las relaciones comunales -Cambios en la vida cotidiana -Afectación a la integración familiar -Cambio en la actividad económica familiar -Cambio en la capacidad organizativa
Infraestructura comunal y servicios	-Deterioro de la infraestructura comunal -Aumento en la demanda de la infraestructura física -Aumento en uso de la infraestructura social de la comunidad -Aumento en la cantidad de desechos y aguas servidas generadas por la población
Seguridad vial	-Aumento en la circulación vial -Incremento en la exposición de riesgos y accidentes

Sitios históricos	-Inundación de tramo e infraestructura de la línea férrea al Atlántico
Sitios arqueológicos	-Alteración a sitios arqueológicos por construcción de obras
Paisaje	-Cambio en la composición y elementos del paisaje -Intrusión visual en el paisaje -Disminución en la calidad de algunos paisajes

5 Plan de Gestión

A continuación se presenta el Plan de Gestión Ambiental (PGA) del P.H. Reventazón (**cuadro 7**). El PGA tiene como objetivo equilibrar las afectaciones recibidas por el medio ambiente (entendido como un medio complejo e interactivo compuesto de elementos físicos, bióticos y humanos) a raíz de la construcción del proyecto. Como herramientas para lograr este fin, se utilizaron las medidas de corrección, mitigación y compensación.

Un Estudio de Impacto Ambiental y su respectivo PGA tienen la capacidad de ir más allá de la 'corrección' de afectaciones causadas al medio ambiente. Debido a la complejidad del medio socio-ambiental en el que se desarrollan las actividades humanas, no se puede concebir que los impactos de un proyecto tengan barreras bien definidas e impenetrables, al punto de que medidas puntuales lograrán solventar las situaciones causadas.
Generalmente, muchos impacto tampoco tiene un 'principio y fin' claros y bien definidos. Sus repercusiones, ya sea positivas o negativas pueden comenzar inclusive antes de que se construya el proyecto y terminar muchos años después de su cierre. Nuevamente, el ambiente es un sistema complejo, sus interacciones son diversas, en múltiples niveles y difusas.

Tampoco se puede pensar que todos los impactos causados por una obra de desarrollo tengan en su totalidad manifestaciones materiales y tangibles: muchos impactos son a nivel de percepción.

Dado este contexto, este PGA busca tener una visión más integral y holística de que lo que normalmente se espera de este tipo de instrumento. Ciertamente, hay medidas puntuales que buscan solventar problemas puntuales, como por ejemplo una acera para solventar un problema de más riesgo para peatones debido a incrementos en el flujo vehicular. Sin embargo, todas estas medidas se encuentran insertas en un plan con medidas más generales que buscan lograr objetivos a una mayor escala. Por esta razón, se ha mencionado reiteradamente, que este PGA busca promover, en conjunto con los otros actores de la zona, el desarrollo local de las comunidades, porque es solamente armonizando y coordinando iniciativas de desarrollo y mejora socio-ambiental, que se pueden lograr mejoras en la calidad de vida de los ciudadanos. No es suficiente conformarse con las oportunidades que ofrece un proyecto en términos de mayor dinamismo económico y mayor empleo. El mismo proyecto puede generar muchos más beneficios por medio de una evaluación de impacto ambiental y su PGA resultante.
El mundo actual y sus actores exigen cumplir con metas más ambiciosas como lo son la reducción en la pobreza, el respeto de los derechos humanos y la promoción del desarrollo utilizando principios de sostenibilidad. El PGA del P.H. Reventazón, se rige bajo los principios de evaluación ambiental mencionados por Sadler (2000), y en especial busca cumplir con los principios de desarrollo comunitario que él menciona:

-Considerar las necesidades de grupos vulnerables o de alto riesgo

-Enfocarse en la reducción de la pobreza y siempre buscar la mejora de los miembros de la sociedad que están en una posición de desventaja.

-Reconocer y preservar la diversidad social
-Mantener la integridad y viabilidad comunal

-Desarrollar programas de mejora que estimulan un rango de actividades en la comunidad y que promuevan diversidad de actividades económicas, culturales, y sociales.

-Desarrollar mecanismos para el desarrollo de capacidades y utilizar el planeamiento de proyectos como una oportunidad para promover el avance de la sociedad civil.

-Evitar el síndrome de dependencia en los grupos afectados asegurándose de que la compensación venga por medio de la promoción de una actividad significativa.

-Planificar para el desempleo que viene después del boom económico, o la vida de la comunidad después de que el proyecto finalice o entre en operación.

Bibliografía

Arce R., RM. 2002. **La evaluación de impacto ambiental en la encrucijada.** Los retos del futuro, ECOIURIS, Madrid, España.

Avendaño, S. **et al** (2006) **Caracterización del componente socioeconómico y cultural del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón 265**. Proceso de Planeamiento Ambiental, UEN Centro Nacional de Planificación Eléctrica, Instituto Costarricense de Electricidad.

Barrantes, R; Chaves, A; Aguilar, F. Zeledón, R. 2000. **Rescate de fauna en el área del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Angostura – Plan de Manejo Ambiental.** Centro de Gestión Ambiental, UEN-Proyectos y Servicios Asociados, Instituto Costarricense de Electricidad – ICE. Julio 2000. 95 p.

Bergoeing, JP. 2007. **Geomorfología de Costa Rica.** 2ª. Ed. San José, Costa Rica, Librería Francesa.

Bolaños, R; **et al**. 1995. **Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica.** MAG MIRENEM, San José, Costa Rica.

Carías, D. **et al**. 2005. **Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Toro 3.** Centro de Gestión Ambiental, UEN PySA, ICE.

Conesa F, V. 1997. **Guía metodológica para la evaluación del impacto** ambiental. 3era edición, Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España.

Deininger, R. 1980. **A Water Quality Index for Rivers.** Water international, 5(3): 16-21, set. 1980.

ICE UEN Proyectos y Servicios Asociados (PySA) 2001. **Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Cariblanco**, Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.

Masís Solano, Héctor. 2008. **Recopilación de información histórica de la cuenca del Reventazón.** (Entrevista). Comunidad de San Antonio.

Paniagua, S; Soto, G. 1986. **Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica.** Ciencia y Tecnología, 10(2):49-72, San José, Costa Rica.

Paniagua, S; Soto, G. 1988. **Peligros volcánicos en el Valle Central de Costa Rica. – Ciencia y Tecnología.** 12(1-2): 145-156, San José, Costa Rica.

Reagan, M; Duarte, E; Soto, GJ; Fernández, E. 2006. **The eruptive history of Turrialba volcano, Costa Rica, and potential hazards from future eruptions.** In: Rose, W. I; Bluth, G. J. S; Carr, M. J; Ewert, J. W; Patino, L. C; Vallance, J. W. (Eds.): Volcanic hazards in Central America. Geological Society of America Special Paper 412: 235-257.

Reagan, MK. 1987. **Turrialba Volcano, Costa Rica: Magmatism at the southeast terminus of the Central American arc.** Tesis doctoral, Universidad de California en Santa Cruz. 215 p.

Sadler, B., Verocai, I., Vanclay, F., 2000. **Environmental and Social Impact Assessment for Large Dams**, Thematic Review V.2 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, www.dams.org

Soto, GJ; Paniagua, S. 1992. **La Cordillera Volcánica Central (Costa Rica): sus peligros potenciales y prevenciones.** Revista Geográfica de América Central, Nº 25-26:291-304.

Valverde **et al** 1998. **Estudio de Impacto Ambiental Línea de Transmisión de energía Garita-Lindora-La Caja, Subestación Lindora**. San José, Costa Rica.

PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Referirse al cuadro 12.1 del CAPÍTULO 12

CAPITULO 3

3. Introducción

En la actualidad, uno de los retos principales que enfrentamos, es el de lograr un equilibrio entre el desarrollo, entendido como la implementación de herramientas que faciliten el desenvolvimiento de las actividades productivas y reproductivas, y la conservación de los recursos naturales, de modo que se evite o se minimice la degradación ambiental y se garantice el bienestar de generaciones futuras. A este delicado balance entre desarrollo y conservación, el presente y el futuro, se la ha puesto el nombre de Desarrollo Sostenible.

La disponibilidad de energía es básica para cualquier desarrollo, incluyendo un desarrollo sostenible. Sin embargo, para lograr un desarrollo sostenible, las fuentes utilizadas deben ser capaces de generar energía con la menor cantidad de costos ambientales (externalidades). En Costa Rica, el ICE ha tenido como misión explotar diversas fuentes de energía, que sean renovables, relativamente limpias, y endógenas. Entre estas fuentes, el ICE ha logrado explotar exitosamente la energía eólica, solar, hidroeléctrica y geotérmica. Siempre se ha tratado de dejar la energía térmica como última opción ya que la misma produce fuertes externalidades y además debe ser importada a un alto costo financiero. La fuente principal es la energía hidroeléctrica, con una capacidad instalada de 75%, un 14% corresponde a las plantas térmicas, 9% de plantas geotérmicas y un 3% de plantas eólicas (ICE 2000). La cobertura eléctrica de Costa Rica es del 97%.

Bajo este concepto y dentro del respectivo marco legal, el ICE a través de los años y las experiencias que ha generado en materia ambiental, ha ido adquiriendo conciencia de la necesidad de lograr un desarrollo sostenible, no solamente explotando fuentes renovables y limpias, sino que también asegurándose de que dicha explotación sea lo menos perjudicial para el medio ambiente. Este proceso se ha visto acelerado por la presión que ejercen sobre los entes desarrolladores la sociedad civil y la comunidad científica, no sólo en el ámbito nacional, sino también desde una perspectiva regional. El Estudio de Impacto Ambiental es una de las herramientas que ha utilizado la institución para aplicar de manera más concreta el concepto de Desarrollo Sostenible. En este documento, se estará presentando el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (P.H. Reventazón).

Actualmente la cuenca del río Reventazón es empleada por el ICE en un complejo hidroeléctrico de tres plantas:

- Río Macho
- Cachí
- Angostura

El P.H. Reventazón sería el cuarto aprovechamiento que hace el ICE del río Reventazón. Se ubicaría aguas abajo de la Planta Angostura, en la cuenca media de dicho río, 8 kilómetros al suroeste de la ciudad de Siquirres (38 km aguas abajo del sitio de restitución de la casa de máquinas de la Planta Hidroeléctrica Angostura). El proyecto aprovechará el potencial energético de este río entre las cotas 265 y 120 m.s.n.m.

El proyecto se enmarca dentro de las coordenadas geográficas de proyección Lambert Norte, este 578 000 a 586 000 y norte 221 000 a 231 000; se le puede ubicar dentro de estas coordenadas en la hoja cartográfica Bonilla del Instituto Geográfico Nacional, en escala 1:50 000, como muestra la Figura .3.1

El proyecto aprovecha las aguas que fluyen hacia el río Reventazón. La presa se construirá en un estrechamiento natural del cauce, donde la elevación del lecho del río es aproximadamente 160 m.s.n.m. El área de la cuenca correspondiente es 1739 km^2. La mayoría de las obras del proyecto se localiza en la margen derecha del río (obras de desvío, vertedero, toma de aguas, túnel, tanque de oscilación, tubería forzada, casa de máquinas y subestación).

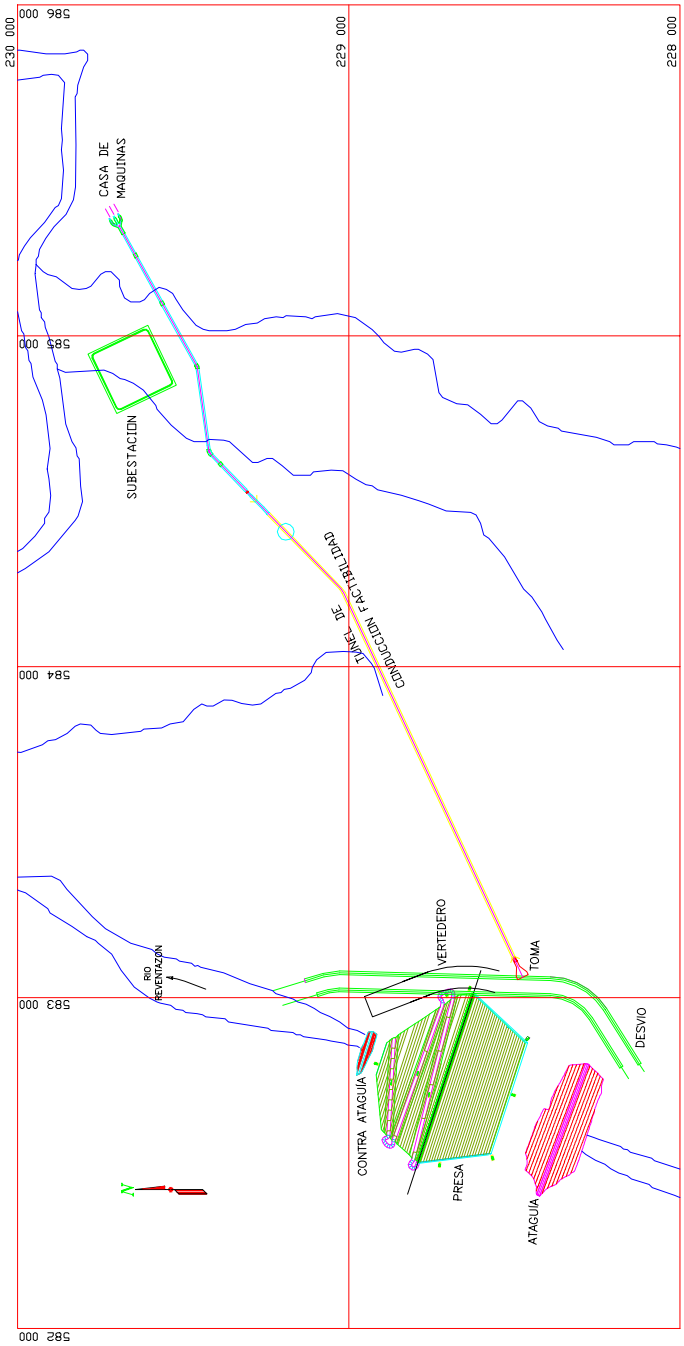
Las obras principales están localizadas en las coordenadas que se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.1
Localización geográfica de las principales obras del PH Reventazón

OBRAS	COORDENADAS	
	Este	Norte
Presa	582 800	228 700
Vertedero	583 050	228 650
Toma de aguas	583 075	228 480
Portal del túnel	584 502	229 281
Tanque de oscilación	584 408	229 190
Casa de máquinas	585 350	229 710
Subestación	584 900	229 650
Sitio de préstamo	582 970	229 250
Cauce aguas abajo de la presa	584 260	230 040
Sitio de préstamo	582 745	228 710
Cauce aguas arriba de la presa	580 760	221 255
Escombrera 1	585 200	229 200
Escombrera 2	583 800	230 000
Escombrera 3	583 400	229 400
Escombrera 4	583 800	227 800
Escombrera 5	584 800	226 400
Escombrera 6	582 800	229 200
Escombrera 7	582 400	229 400
Escombrera 8	583 600	229 600
Escombrera 9	584 000	228 500
Escombrera 10	583 700	228 900
Escombrera 11	585 000	230 500
Escombrera 12	583 400	226 800
Escombrera 13	582 400	227 000
Escombrera 14	580 250	225 000
Sitio de acopio 1	582 600	228 500
Sitio de acopio 2	583 400	229 400
Sitio de acopio 3	583 400	230 400

Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

Figura 3.1
Localización del P.H. Reventazón



Fuente: Informe al consultor sitio presa P.H. Reventazón (2008

El presente estudio se concentró en la cuenca media y baja del río Reventazón. Los criterios para la delimitación de esta área se especifican en el apartado 5.5.1, correspondiente a las áreas de influencia. De forma paralela al análisis técnico-ingenieril, se realizaron estudios geográficos, geológicos, edafológicos, arqueológicos, sociales, económicos, biológicos, topográficos e hidrológicos, así como de amenazas naturales.

3.1 Marco conceptual

La Ley de Política Ambiental Nacional de Estados Unidos (National Environmental Policy Act-NEPA) se considera la norma básica que inspiró el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en la mayoría de los países que han adoptado la legislación de la EIA. Dentro de la legislación de la EIA, se exige que se considere el impacto ambiental de planes, políticas y proyectos necesarios para el desarrollo (Canter 1998).

Específicamente con respecto a la EIA de represas, los primeros estudios se realizaron a petición de entes financieros como el Banco Mundial y bancos de desarrollo regional (principios de los 70's). Dichos estudios no se realizaron para tomar decisiones, debido a que los proyectos ya se estaban implementando. La evaluación ambiental en ese momento se realizó para analizar las consecuencias negativas de los proyectos realizados y dar algunas sugerencias y recomendaciones para más estudios sobre la mitigación y monitoreo de los impactos (Sadler et al 2000).

Afortunadamente, ha ocurrido una importante concientización de gobiernos e inversionistas en países en vías de desarrollo acerca del desarrollo sostenible y de los avances técnicos y del procedimiento en la EIA (Sadler et al 2000). Dicha concientización ha sido gracias a presiones externas e internas, ayuda financiera externa, asistencia técnica y varios acuerdos que culminaron en la Comisión de las Naciones Unidas de Ambiente y Desarrollo (1992). Se logra la creación de sistemas de EIA en la mayoría de los países en vías de desarrollo, incluyendo Costa Rica.

En la actualidad existen varias fortalezas y debilidades en la evaluación de impacto ambiental. Por ejemplo, según Verocai (2005) una debilidad está en que todavía hace falta promover la participación adecuada de comunidades afectadas y otros grupos interesados. Se deben incluir de manera más amplia las preocupaciones sociales más relevantes acerca de las represas dentro de los estudios de impacto ambiental. Verocai (2005) se refiere a esto como un problema de '*scoping*', o determinación de los temas e impactos específicos que necesitan tratarse en el estudio integral de impacto ambiental (Canter 1998).

La EIA ha visto grandes avances en lo que se refiere a predicción de impactos en el ambiente físico. Esto ha sido gracias a modelos matemáticos y otras técnicas. Sin embargo, sigue habiendo deficiencias en lo que es la predicción de impactos socioeconómicos directos e indirectos y sus interacciones entre éstos y el ambiente natural. Igualmente, no ha habido una adecuada potenciación de los impactos positivos de los proyectos (Sadler et al 2000).

Con respecto al tema socioeconómico, Vanclay (2005) hace una serie de recomendaciones para mejorar la evaluación de los impactos sociales. Dentro de las recomendaciones, comienza dando una nueva definición a lo que es la evaluación social, o evaluación de impacto social dentro de un estudio de impacto ambiental general:

"La evaluación de impacto social incluye los procesos de analizar, monitorear y gestionar las consecuencias intencionales o no intencionales, positivas y negativas, de intervenciones planeadas (políticas, programas, planes y proyectos) y cualquier proceso de cambio social generado por esas intervenciones. Su propósito primario es generar un ambiente biofísico y humano más sostenible y equitativo".

De esta definición, vale la pena destacar varios aspectos, como lo son 'analizar, monitorear y gestionar'. El proceso de evaluación social ya no se vislumbra como un proceso que se realiza una vez para obtener un permiso, sino que también requiere de un seguimiento y monitoreo constantes, especialmente de impactos no anticipados, como sería de esperarse a la hora de predecir el comportamiento humano. Esto requiere de un programa de monitoreo amplio e inclusive un Plan de Acción Social integrado al Plan de Gestión Ambiental (Joyce&MacFarlane 2001).

Otro aspecto valioso de esta nueva definición es el de 'generar un ambiente biofísico y humano más sostenible y equitativo'. Bajo esta nueva definición, la evaluación de impacto social tiene otras tareas, como lo son el promover el desarrollo comunitario, el empoderamiento, construcción de capacidades, desarrollo del capital social, etc. En otras palabras, debe de haber una actitud proactiva hacia el desarrollo (Sadler et al 2000). Esto se puede lograr mediante Planes de Desarrollo Comunitarios o Planes de Desarrollo Local.

Este cambio de perspectiva en la evaluación social se ve concretamente en el desarrollo de una nueva metodología llamada 'modelo participativo'. En contraposición con el modelo tecnocrático, en el cual el técnico es 'objetivo' y racional, y provee información teóricamente sin sesgo para la toma de decisiones de un ente central, el modelo participativo social ha evolucionado del deseo de incorporar las opiniones de los diferentes actores dentro de la evaluación. Aquí el técnico es un facilitador del conocimiento. La realidad no es 'objetiva', sino que está compuesta de varios puntos de vista, muchas veces conflictivos. No hay 'verdad' absoluta. Todo el proceso de toma de decisiones es político y saturado de valores y subjetividad.

Una manera apropiada de ver la evaluación de impacto social es como un vehículo para los locales de externar sus preocupaciones, conocimientos, consecuencias, y que sean comprendidas por los tomadores de decisiones. De esta manera se verán adecuadamente consideradas y reflejadas en las decisiones. Partiendo desde la negociación y no la imposición, es posible obtener apoyo de poblaciones muy diversas para así lograr tomar decisiones complejas con respecto al desarrollo (Howitt 2002).

Cada fase de la evaluación de impacto debe tener espacios para la participación local, ya sea en la forma de consultas específicas, reuniones, o comités locales que se involucren permanentemente en la evaluación. Esta participación debe darse, particularmente, en los momentos que se considerarían más técnicos, como lo es la formulación de alternativas para el proyecto así como la identificación y valoración de impactos. Toda la información obtenida, al final, debe utilizarse para contestar la siguiente pregunta: El proyecto ayudará u obstaculizará la realización de la visión que la comunidad/comunidades tienen de su futuro?

Es precisamente aquí en donde la Evaluación de Impacto Ambiental con su correspondiente evaluación social se pueden emplear a su máximo potencial y ayudar a crear ese futuro, generando capacidades en las comunidades y ayudándolas a organizarse para construir su visión, identificando metas de desarrollo y maximizando los impactos positivos (Sadler et al 2000). Mundialmente, las razones para realizar una evaluación social han pasado de ser un mero cumplimiento con regulaciones existentes, a una manera de cumplir con objetivos sociales y corporativos más amplios. Muchas compañías están utilizando la evaluación social como una estrategia 'preventiva' de gestión, para evitar muchos de los problemas sociales que ciertas actividades pueden generar. También, se ha convertido en una manera de aplicar políticas y acciones de desarrollo sostenible. La creación de beneficios netos para las comunidades y mecanismos para generar bienestar son las nuevas metas (Joyce & MacFarlane 2001).

El modelo propuesto en la definición de los Principios Internacionales de la Asociación Internacional para la Evaluación de Impacto (International Association for Impact Assessment-IAIA), enfatiza la participación de las partes interesadas y el rediseño del proyecto o política propuesto basado en los insumos de esta participación. También, este modelo sirve de guía para asegurarse que los siguientes objetivos se cumplan (Ibid):

-Que las opiniones y visiones de todas las partes interesadas se tomen en cuenta

-Que haya existido una adecuada negociación acerca de objetivos de desarrollo

-Que las consecuencias adversas hayan sido adecuadamente consideradas

-Que haya rediseño de la intervención para reducir estas consecuencias, con mecanismos de compensación y mitigación bien desarrollados.

Todo el proceso asegura que la mejor combinación de objetivos de desarrollo e impactos negativos conocidos se logre, sabiendo siempre que habrá impactos negativos que no se pueden predecir con anterioridad. Por esta razón la EIA debe ser adaptativa, y ajustarse a la realidad de cada etapa y acción del proyecto en cuestión.

3.2 Objetivos

El objetivo general de este estudio es:

Realizar un estudio de impacto ambiental que permita evaluar la viabilidad socio-ambiental del P.H. Reventazón.

Los objetivos específicos a desarrollar en este Estudio de Impacto Ambiental son:

- Realizar estudios de aspectos físicos, biológicos, socioeconómicos y socioculturales, para conocer la situación actual del área donde estaría inserto el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón.

- Analizar diferentes opciones técnicas, para la ejecución del proyecto, integrando el conocimiento adquirido de las condiciones del medio (comprendiendo como tal condiciones físicas, bióticas y aspectos relacionados con las comunidad humana).

- Situar al P.H. Reventazón dentro de la realidad dinámica del área de influencia socio-ambiental del proyecto, proponiéndolo como un 'vecino' nuevo que entrará a la comunidad y que debe contribuir para el mejoramiento en la calidad de vida de las áreas circundantes.

- Establecer un sistema de participación activa de las comunidades dentro del área de influencia social del proyecto, para convertirlas en parte del estudio y así comprender sus ansiedades, preocupaciones y expectativas con respecto al proyecto y sus diferentes etapas.

- Identificar, valorar y priorizar los impactos positivos y negativos que se podrían generar a partir de la implementación del proyecto, considerando para ello el criterio del equipo profesional evaluador y considerando los insumos y el conocimiento de las comunidades dentro del área de influencia social del proyecto.

- Proponer medidas correctivas y compensatorias para los impactos del proyecto durante sus diferentes etapas, situándolas, cuando sea posible, dentro del contexto del desarrollo de las localidades circundantes; potenciar los impactos positivos del proyecto, nuevamente dentro del contexto del desarrollo de las comunidades.

- Establecer nexos y alianzas con los diferentes actores que deben ser partícipes en la promoción del desarrollo de las localidades dentro del área de influencia social del proyecto, como lo son gobiernos locales, comunidades, ministerios, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas, etc.

- Establecer un Plan de Gestión Ambiental ejecutable, que propicie la viabilidad del proyecto y que además, contribuya en la medida posible, al desarrollo de las localidades dentro del área de influencia social del proyecto y a generar una mejor calidad de vida para las mismas.

- Generar conocimiento en la forma de estudios socio-ambientales para que las comunidades sepan los recursos con los que cuentan, y que puedan utilizarlos, con ayuda del ICE y otros actores y partes interesadas, para generar un desarrollo local sostenible.

3.3 Metodología (adaptada del EsIA P.H. Toro 3 por Carías y colaboradores 2005)

En este apartado se incluye la metodología que se aplica en las diferentes etapas del Estudio de Impacto Ambiental.

Considerando además de las referencias que se encuentran en la literatura, se toma como referencia metodológica para evaluación, la experiencia previa de metodologías aplicadas en estudios para proyectos hidroeléctricos en el Instituto Costarricense de Electricidad.

3.3.1 Etapa de diagnóstico

En esta etapa cada especialista trabajó en la recopilación e interpretación de información. Se utilizó información primaria y secundaria. En el área socioeconómica, la información socioeconómica recopilada fue sometida a validación por parte de las comunidades involucradas, por medio de talleres participativos. Se concluyó con la presentación del informe respectivo y con el intercambio de información a nivel de equipo interdisciplinario, para analizar los principales hallazgos en cada una de las áreas de estudio. Con esta información se establece la línea base o situación sin proyecto.

Partiendo de esta línea base e integrando los elementos que serían insertos al medio a través del establecimiento del proyecto, el equipo procede a dar inicio a la etapa de identificación de impactos.

3.3.2 Identificación de impactos

En primera instancia cada especialista determina aquellos impactos que estima serán provocados hacia los elementos del medio que se encuentran dentro de su ámbito de especialidad, los cuales posteriormente son analizados por el equipo en forma interdisciplinaria para determinar los impactos macro y las interrelaciones entre los mismos.

Una herramienta comúnmente utilizada para identificación y evaluación de impactos es la matriz de Leopold, la cual se basa en la ***identificación*** de relaciones de causa y efecto, para las cuales, en la etapa de ***valoración***, se indica la magnitud (M), importancia (I) y un signo negativo o positivo (Arce 2002), no obstante González (1997), señala que si bien es una herramienta con validez para identificación de impactos, no es el ideal para los EsIA, por lo que diferentes autores han propuesto modificaciones a la misma, como las que se utilizan en este caso.

En el presente caso para llevar a cabo esta identificación se usó como herramienta la matriz que se adjunta en el Cuadro 1.1, modificada de la matriz aplicada para el Estudio de Impacto Ambiental del P.H. Toro 3 (2005). Se seleccionó esta herramienta debido a la experiencia que se ha tenido con la misma en otros Estudios de Impacto Ambiental realizados por el ICE, como lo son el EsIA del P.H. Cariblanco y del P.H. Toro 3. Sin embargo, se realizaron modificaciones especialmente en relación a los factores ambientales en el lado izquierdo de la matriz, para evitar confundir factores con impactos y procesos. En la parte superior de la matriz se modificaron las obras (y sus actividades) que producirán impactos ya que el P.H. Reventazón, por su magnitud y por el tipo de proyecto que es, difiere mucho del P.H. Toro 3. Se mantienen sin embargo los parámetros para valorar los impactos.

3.3.3 Valoración de impactos

La valoración de impactos correspondiente al Estudio de Impacto Ambiental para el P.H. Reventazón, está fundamentada en la valoración de seis parámetros o atributos, por cada impacto y su prioridad es definida por el sistema de banderas rojas, que consiste en "alertas" de las acciones más impactantes de las obras, identificadas a través de las casillas de la matriz causa-efecto, ésta alerta nos llama la atención hacia aquellas actividades y/o obras para las cuales se deben buscar alternativas que lleven a la reducción del impacto (Conesa 1997).

En el presente caso se consideran los aspectos relacionados con intensidad, temporalidad, espacialidad, reversibilidad y dependencia, que fueron considerados como aspectos más generalizados para los elementos a evaluar.

La ***intensidad*** (**I**) del impacto se determina con base en una escala numérica, de modo que varía de forma ascendente, los números se acompañan de un signo negativo (**-**) o positivo (**+**), según sea el carácter del impacto, cada uno de los cuales está acompañado de un color.

Se utilizó la siguiente escala de valores:

1	Impacto despreciable a leve
2	Impacto moderado
3	Impacto alto
4	Impacto severo

A continuación se muestran los colores asignados a las casillas según su intensidad y carácter positivo o negativo, basado en el sistema de banderas rojas, modificado y aplicado por Valverde *et.al*. (1998).

Positivos	**Negativos**
Muy alto (+4)	Severo (-4)
Alto (+3)	Alto (-3)
Moderado (+2)	Moderado (-2)

El código de colores está en función de focalizar de forma más rápida, aquellos impactos más significativos, tanto los positivos como negativos, así que no se le asigna un color a aquellos impactos que están en la escala del 1, por ser considerados con carácter leve a despreciable.

En cuanto a ***temporalidad*** los impactos se clasifican como temporales (**T**) o permanentes (**P**). Los impactos temporales son aquellos que se dan durante un periodo de tiempo como consecuencia de una acción determinada y los impactos permanentes son aquellos que se mantienen a través del tiempo, aún después de ejecutada la acción. Se adopta la definición de CONESA, donde se indica que un impacto temporal es de 1 a 10 años y permanente es de más de 10 años.

La ***espacialidad*** se refiere a aquellos impactos que se dan a nivel puntual **(P),** local (**L**) o regional (**R**), la amplitud del carácter puntual para efectos de este estudio se definió en el área de proyecto (AP), que es el espacio ocupado por la obra en si. El carácter local comprendería el área de influencia directa (AID), que en este estudio se delimitó por una circunferencia de 500 m alrededor de cada obra. Y los impactos regionales serían aquellos que afectan áreas que se localizan en el área de influencia indirecta (AII), delimitada en este caso por un anillo de dos kilómetros, o más allá de esos límites.

La ***reversibilidad*** hace alusión a aquellos impactos que una vez ejecutada la acción impactante limita la posibilidad de que los elementos sujetos a afectación retornen a su estado original, en cuyo caso sería irreversible (**I**) o bien impactos que se generan por una acción determinada, durante un periodo de tiempo y que posteriormente ya sea de forma natural o por inducción los elementos que fueron alterados pueden adoptar condiciones similares a aquellas que existían antes de la ejecución de dicha acción, por lo cual sería un impacto reversible (**R**), en este atributo, a diferencia de Conesa (1997), que lo especifica sólo para aquellas circunstancias en que el retorno a las condiciones originales se dé de forma natural, se comprenden también aquellos casos en los cuales se da a través de intervención externa (recuperabilidad en el texto citado). En CONESA, un periodo de 1 a 5 años requerido para retornar a las condiciones iniciales se considera reversible, y de más de 5 años se considera irreversible.

El carácter de ***dependencia*** se refiere a los efectos de encadenamiento que surgen a partir de una acción, por lo tanto, son dependientes aquellos cambios provocados en el medio y que conllevan consecuencias hacia otros elementos (**D**), e independientes (**I**) los impactos que son muy puntuales y que no acarrean efectos secundarios significativos hacia otros factores del medio.

Los hallazgos que surgen durante la etapa de diagnóstico, representan un insumo básico para la definición clara de las filas y columnas que se incluyen en la matriz de evaluación de impactos, pues es a partir del diagnóstico que el equipo visualiza con mayor objetividad y apego a las condiciones reales de las interacciones del proyecto con el entorno en el cual estaría inserto, los impactos potencialmente significativos.

Para el presente caso se seleccionó como base para la implementación de medidas de mitigación y compensación, aquellos impactos negativos que correspondan a una intensidad moderada o mayor (igual o mayor a -2).

3.3.4 Descripción de las acciones incluidas en la matriz de impactos

A continuación se mencionan las diferentes obras del proyecto y una descripción de las acciones que conlleva cada obra.

Embalse

Limpieza de sitios: Consiste en la remoción de la cobertura vegetal presente en los sitios a inundar tales como pastizales, árboles y flora menor. Esta actividad se realiza mediante la corta de los árboles con motosierra, mientras la extracción de los troncos se hace utilizando maquinaria como tractores o excavadoras. Las especies de flora menor se retiran mediante colecta manual para su traslado a otros lugares, donde se puedan translocar.

Conformación de taludes: Estabilización de sitios con riesgo de deslizamiento por medio de manejo de aguas, muros o concreto lanzado.

Llenado: Es el proceso mediante el cual se va almacenando la capacidad máxima del embalse hasta la cota 265 m.s.n.m.

Mantenimiento: Durante la operación del embalse, el mantenimiento que se ejecuta está enfocado a la eliminación de materiales flotantes que pueden obstruir las parrillas de acceso a la toma de aguas, para ello se utiliza un equipo limpia rejas que mecánicamente saca materiales como troncos, lirio, basuras, entre otros. También se pueden definir rutas de inspección en lancha por el embalse durante las cuales personal en forma manual retira materiales flotantes como botellas plásticas, llantas y otros que no son biodegradables.

El equipo limpia rejas también es sometido a actividades de mantenimiento en su sistema eléctrico, hidráulico y de estructura.

Presencia: Se refiere a la etapa donde se genera electricidad con el agua almacenada, por lo que se producen oscilaciones en el nivel del embalse, de acuerdo al plan de operación de la planta

Presa y Vertedero

Limpieza de sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, por la margen derecha o izquierda del sector, para lo cual deberán construirse caminos a los diferentes niveles de excavación, así como taludes y bermas. Para lograr esto, se pueden usar voladuras, martillos, ripper pesados y livianos, excavadoras y tractores.

Otra actividad incluida en esta etapa es la estabilización de las márgenes, para la protección y seguridad de las personas, maquinaria y equipos. Podrían ser apuntalamientos, ademes u otras obras de protección (concreto lanzado).

Enrocado: El diseño de este tipo de presas, la constituyen varias zonas de materiales que tienen una función específica dentro del cuerpo de la misma. Se colocarán materiales con diferentes características y propiedades mecánicas.

Obras civiles (Vertedero y cara de concreto): Estas etapas están divididas en obras de contención y excedencias. Para la presa incluyen la construcción de losas, plinto, cortinas de inyección y drenajes, tratamientos de consolidación y el parapeto de la cresta. Para el caso del vertedor se contempla la construcción de losas y muros, anclajes y drenajes, bloque de cimacios, pilares y muros de cresta, compuertas y patín.

También se incluyen las etapa de las obras de toma y la minicentral.

Presencia: Una vez concluida la construcción de la presa, la presencia determinará la formación del embalse.

Mantenimiento: En cuanto a la presa, el mantenimiento que se ejecuta es predictivo, tiene como objetivo verificar que la presa se mantenga dentro de las condiciones de diseño, para ello se le da seguimiento a equipo de medición como inclinómetros, se realizan levantamientos topográficos, y se ingresa a las galerías para ver posibles daños. Estas actividades están a cargo de personal de la UEN PYSA en la dependencia Auscultación de Obras, durante estas actividades no se prevén afectaciones al medio ambiente. Por parte del personal de la planta a lo que se le da mantenimiento es a la presencia de vegetación en la presa que no exceda el tamaño recomendado para que sus raíces no afecten sus características.

En cuanto al vertedor, el mantenimiento está más enfocado a las compuertas y ataguías, para ello se debe dar mantenimiento a los equipos de control eléctrico e hidráulico lo mismo que a su estructura.

Obras de derivación

Ataguía y Contra-ataguía: Se deben construir dos ataguías ubicadas, una aguas arriba y otra aguas abajo de la presa (contraataguía), con la cresta a una elevación de 195 y 170 m.s.n.m. respectivamente. La ataguía es un dique de cierre ubicado aguas arriba de la presa, construido sobre el lecho del río, que permitirá desviar el caudal hacia los túneles de desvío y con ello permitirá el inicio de la excavación en la fundación de la presa. Para que facilite el desvío del río hacia los túneles, será necesario colocar materiales de sobre-tamaño, con el propósito de evitar el arrastre de la corriente, en el momento del cierre.

La contraataguía tendrá la función de evitar que las aguas desviadas a través de los túneles de desvío regresen hacia el sector de excavación de la fundación de la presa.

Túnel de desvío: Por tratarse de una presa de enrocado, el desvío del río se debió planear a través de dos túneles. La margen derecha resultó más adecuada por producir la menor longitud de los túneles.

Operación como desvío: El esquema de la obra considera ubicar la descarga de fondo dentro del túnel de desvío izquierdo. Las estructuras que la conforman son: estructura de entrada (del túnel de desvío), cámara de compuertas y estructura de salida.

Túnel

Excavación del portal: Contempla los movimientos de tierra iniciales para la excavación subterránea del túnel. El diseño incluye la conformación de bermas y taludes, con sus respectivas obras para el manejo de aguas.

Excavación subterránea: Puesto que la longitud del túnel es de apenas 1 600 m, se realizará el proceso de excavación mediante la técnica de barrenación y voladura, mediante la construcción de un banco superior y uno inferior de la misma medida. La barrenación se realizará mediante el uso de barrenadoras electro hidráulicas tipo Jumbo de tres brazos, con el uso de explosivos tipo Hidrogel y/o emulsión. Se utilizarán fulminantes no eléctricos que serán activados mediante un sistema de iniciación eléctrico.

Revestimiento, blindaje e inyección: Las actividades de revestimiento y blindajes corresponden a todos los procesos que se llevan a cabo para conformar la superficie hidráulica y que permitirá el flujo del agua. Consta de las siguientes etapas: limpieza de piso, colocación de contrapiso, revestimiento en concreto y blindaje con tubería de acero. Posteriormente se realiza el proceso de inyección que corresponde a la colocación de una lechada de cemento entre los espacios del revestimiento y la pared de la excavación.

Presencia: Durante la operación de la planta el portal de aguas arriba del túnel (toma de aguas) queda sumergido por el agua.

Tanque de oscilación

Limpieza del sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación de la primera terraza y del pozo. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, para lo cual se construirá un camino.

Obra metalmecánica: Incluye las siguientes etapas: excavación estructural, relleno de confinamiento y montaje

Presencia: Al tratarse de una estructura semienterrada, la visibilidad es limitada a áreas cercanas. El mantenimiento del tanque de oscilación se refiere más que todo al control de la corrosión, durante la operación es normal que el tanque sea pintado nuevamente. Este mantenimiento de pintura se realiza aproximadamente cada 10 años, dependiendo del análisis que se realiza sobre su estado este período podría ser menor.

También se debe dar mantenimiento a la iluminación en los alrededores del tanque, durante esta actividad el personal técnico debe estar al cuidado de recoger todos los desechos que se generen, tales como bombillos en mal estado, cinta aislante de vinyl, trozos de cables, entre otros. Alrededor de la parte expuesta del tanque de oscilación, se debe mantener chapeado para que la maleza no acelere la degradación del tanque. Para ello se deben realizar chapeas mecanizadas y no utilizar productos químicos.

Tubería de presión

Limpieza de sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación de la primera y segunda etapa. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, para lo cual se construirá un camino paralelo a la obra, así como taludes y bermas.

Obra civil y metalmecánica: Incluye las siguientes etapas: colocación de concreto lanzado en piso de trinchera y taludes, construcción de armaduras, bloques de anclaje y monturas y colocación de tubería.

Presencia y mantenimiento: La presencia constituye una barrera en el sitio. El mantenimiento de la tubería de presión es el mismo que se le da al tanque de oscilación, básicamente está enfocado al control de la corrosión. Una vez que se detectan problemas de corrosión, se debe volver a pintar. En algunos casos las tuberías de presión se llenan de hongos los cuales deben ser eliminados con diluyentes y raspado en forma manual o mecanizada. Se toman las precauciones del caso para que el material no contamine el entorno.

Campamento y fábrica de tubos

Limpieza y movimiento de tierra: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación para la conformación de terrazas para la ubicación de instalaciones. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana, para lo cual se utilizará el camino principal a las escombreras.

Construcción de la obra civil: Básicamente lo constituyen la construcción de losas, montaje de paneles de paredes, colocación de techos, instalaciones eléctricas y sistema de aguas potables y residuales.

Operación de campamento: Durante esta etapa hacen uso de las instalaciones el personal administrativo, así como el personal que duerme en el lugar. Así mismo hay actividades relacionadas con talleres, dispensario, áreas de esparcimiento, comedor, oficinas y otros.

Cierre técnico: Una vez concluida la etapa constructiva del proyecto, las instalaciones son removidas para ser usadas en otros proyectos del ICE.

Área vehicular

Preparación del sitio: Para esto solamente se hace un raspado de la primera capa de suelo, con el fin de construir la losa.

Dispensador de combustible: Existe un dispensador central donde la maquinaria y vehículos cargan el combustible directamente en el lugar. También el combustible es transportado en tanquetas a los sitios de obra para maquinaria estacionaria.

Mantenimiento de vehículos: Este se da periódicamente en lugares establecidos, con losas de concreto y canales perimetrales para el manejo de residuos líquidos.

Cierre técnico: Una vez finalizada la etapa constructiva se retiran las losas utilizadas.

Sitio préstamo-aguas abajo

Limpieza del sitio: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan construir las instalaciones provisionales. Para el caso de los sitios de extracción no existe esta etapa, ya que el material presente en el río se utiliza en el proceso constructivo.

Extracción de materiales: Consiste en la extracción del material aluvional del cauce del río Reventazón. Debido a que el cauce presenta diferentes morfologías a lo largo del área a ser concesionada, se deben emplear diferentes formas de extracción. En los sectores en que el cauce sea amplio, pero que la mayor área la ocupen las terrazas aluviales, se reubicará el río por una de las márgenes y se colocará la maquinaria dentro de las terrazas, para trabajar en la parte "seca". En las terrazas, se construirán trincheras paralelas al cauce activo del río, separadas entre sí.

También se extraerá material directamente del río, ya que debido a las avenidas, el río agradará su piso, lo cual es perjudicial para las labores extractivas y paso de maquinaria, por tanto se extraerá material de su cauce.

Preselección y trituración: Esta fase incluye todos los procesos de pre-selección, trituración de la roca, clasificación y tratamiento ambiental del agua de lavado.

Acarreo: Esta consiste en el traslado de materiales según el frente de trabajo. Para esto se utilizarán vagonetas de 12 y 24 m^3

Cierre técnico: En esta etapa se incluye el retiro de instalaciones provisionales, cierre de caminos y conformación de áreas.

Casa de máquinas

Limpieza del sitio y excavación: La limpieza del sitio reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación menor y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación. El material removido debe enviarse a la escombrera más cercana. La excavación tiene dos etapas: a cielo abierto y vertical estructural. La primera incluye la conformación de taludes y bermas y colocación de concreto lanzado con malla electrosoldada. De ser necesario se colocarán drenajes y pernos.

Para la excavación vertical se harán cortes con refuerzo temporal.

Dique de protección: Esta es una obra muy importante, ya que siempre la casa de máquinas se encuentra contiguo a un agente fluvial. En este caso se trata de uno de los ríos más caudalosos de Costa Rica por lo que el dique tiene que ser lo suficiente grande para proteger todo lo relacionado con la construcción y operación durante las avenidas máximas.

Obra Civil: Esta etapa incluye las siguientes actividades: construcción de losa de cimentación, muros, entrepisos, columnas y vigas, tanto para el edificio como para la cámara de restitución.

Obras Electromecánicas: Esta etapa incluye las siguientes actividades: colocación de malla tierra, montaje de equipos turbogeneradores, cableado eléctrico, tableros de control y montaje de grúa viajera.

Generación de energía: Se produce en la etapa de operación con el funcionamiento de unidades de generación.

Presencia: Consiste en la operación de la casa de máquinas. En general se ubican operadores y otro personal técnico.

Mantenimiento: El mantenimiento se debe realizar tanto interna como externamente a la casa máquinas. En la parte interna está más enfocado a los equipos electromecánicos. Los equipos que contienen aceite como los tanques de los gobernadores de velocidad, tienen a su alrededor muros anti derrames por si se presenta una falla para que el aceite quede contenido en esta trampa.

En las afueras de la casa máquinas, todo debe ser chapeado en forma mecanizada. En cuanto a los transformadores de salida de las unidades generadoras y el almacén de materiales inflamables, tienen construidos muros anti derrame para contener posibles derrames de aceites por fallas.

Subestación

Excavación: Consiste en el acondicionamiento del área, para lo que se realizará una excavación estructural y la remoción de material por corte del terreno. Dicho material será ubicado en las escombreras cercanas a la obra.

Obra Civil: Incluye las siguientes etapas: trazados y excavaciones de cimentación, concretos y trabajos de urbanización, armado de estructuras, montaje de equipos, colocación de cableado y balasto y la etapa de pruebas.

Presencia: La principal barrera son las torres de salida para la conexión a la línea de transmisión.

Mantenimiento: El mantenimiento se debe realizar tanto interna como externamente. En la parte interna está más enfocado a los equipos electromecánicos. Los equipos que contienen aceite como los tanques de los gobernadores de velocidad, tienen a su alrededor muros anti derrames por si se presenta una falla para que el aceite quede contenido en esta trampa.

Línea de transmisión

Excavaciones y armado de bases: Consiste en la excavación de los cuatro huecos para las patas de esta estructura. Para amarrar la pata se le coloca concreto pobre en el fondo de la parrilla. Como paso siguiente se inicia el proceso de relleno y compactación de los huecos.

Izado de torres: Esta actividad se inicia una vez que se concluye el proceso de compactación de la base y se utiliza un chapulín o malacate para poder estar subiendo las piezas de cada sección. Además, se utiliza una pluma estructural para el trabajo de armado.

Tendido de cables: Este trabajo consiste en la colocación de los conductores, iniciando por el hilo guarda, a los cuales debe dárseles la tensión indicada por el diseñador.

Paso de corriente: Momento a partir del cual se comienza a generar electricidad siendo transportada por los cables.

Presencia: Las torres constituyen barreras visuales y para aves con su presencia.

Mantenimiento: Chapea, poda de especies arbóreas para evitar que alcancen la altura de los cables.

Accesos (12 grupos)

Conformación: Para el caso de los caminos existentes solamente se ampliarán los anchos y radios de curva, conjuntamente con un mejoramiento de la superficie de rodamiento con la colocación y compactación de lastre. Para los caminos nuevos se deberá excavar el trazado definido, considerando el ancho y radios de curva necesarios. Posteriormente se colocará geotextil en la base del camino, previo a la colocación de lastre.

Para ambos casos podría ser necesario conformar taludes con bermas y la construcción de obras de manejo de aguas. De acuerdo al uso y la pendiente, algunas de estas vías se podrían cubrir con asfalto o concreto compactado con rodillo.

Utilización: Las vías serán utilizadas principalmente para el acarreo de agregados y material de excavación a enviar a las escombreras.

Escombreras (14)

Preparación del sitio, construcción de estructuras confinantes y drenajes: Para la conformación de las escombreras, se debe retirar la capa orgánica de suelo, colocar drenajes en la base y construir obras para el manejo de aguas de lluvia. Para contener el material de excavación se conforman diques perimetrales y se excavan sedimentadores.

Acopio y manejo de escombros: Este proceso se realiza dependiendo de las características topográficas del lugar. En sitios con topografía ondulada se coloca el material desde la parte de mayor elevación hasta los sectores más bajos. En sitios planos se coloca el material en capas hasta simular una pirámide. Para la conformación se utilizan tractores.

Sitios de acopio (2): Se utiliza el mismo principio explicado en el apartado anterior.

Cierre técnico: Al finalizar la actividad se conforma el material, relajando la pendiente del terreno. Posteriormente se coloca la capa orgánica de suelo guardada para ese propósito. Dependiendo si los terrenos son propiedad del ICE o privados se siembra pasto o árboles.

CAPÍTULO 4

4. Información general

4.1 Información sobre la persona jurídica (ver anexo 4.1)

4.2 Información sobre el equipo profesional que elaboró el Estudio de Impacto Ambiental

DECLARACIÓN JURADA

Nosotros los abajo firmantes, somos responsables del contenido técnico de este informe y damos fe de los datos que en el mismo se presentan.

M.Sc. Dora Carías Vega _____
Coordinadora
Colegiada C.C.E. N°013554
SETENA N° CI-026-1998

Lic. Anny Chaves Quirós _____
Bióloga
Colegiada C.B.C.R. Nº147
SETENA N° CI-198-1997

Lic. Ana Cristina Hernández Alpízar _____
Arqueóloga
SETENA N° CI-030-1999

Ing. Allan Retana Calvo _____
Ingeniero Agrónomo
Colegiado C.I.A. N°4452
SETENA N° CI-24-1998

M.Sc. Dora Carías Vega _____
Economista
Colegiada C.C.E. N°013554
SETENA N° CI-026-1998

Bach. Adrián Zeledón Montero _____
Sociólogo
SETENA N° CI-048-2004

Bach. Samantha Camacho Varela _____
Planificadora Económica y Social
Colegiada C.C.E. N° 016286
SETENA N° CI-076-2007

Lic. Rolando Núñez González _____
Ingeniero Forestal
Colegiado C.I.A. N°3236
SETENA N° CI-169-1996

Bach.Carlos Gamboa Hernández _____
Biólogo
Colegiado C.B.C.R. N°563
SETENA N° CI-146-1996

Lic. Gerardina Araya Astorga _____
Geógrafa
SETENA N° CI-037-1999

Bach.Carlos Arrieta Quesada _____
Biólogo
Colegiado C.B.C.R. Nº1578
SETENA Nº CI-089-2008

Dr. Olman Arias Molina _____
Geólogo
Colegiado C.G.C.R. N°200
SETENA N°CI-105-2000

Dr. Asdrúbal Vargas Sanabria _____
Hidrogeólogo
Colegiado C.G.C.R Nº362
SETENA N° CI-184-1997

Lic. Rafael Barquero Picado _____
Geólogo, Sismología
Colegiado C.G.C.R. N°128
SETENA N°CI-066-2001

Lic. Ana María Bolaños Calderón _____
Abogada
Colegiada C.A .15193
SETENA N°CI-132-2008

Lic. Carlos Roberto Rodríguez Meza _____
Ingeniero Civil, Hidrólogo
Colegiado IC Nº4369
SETENA N° CI-129-2008

Lic. Edwin Garita Segura _____
Geólogo
Colegiado C.G.C.R.Nº251
SETENA N° CI-199-2006

M.Sc.Max Ureña Ferrero _____
Geógrafo
SETENA Nº CI-166-1996

Lic. Joaquín Méndez Argüello _____
Geógrafo
SETENA Nº CI-079-2001

M.Sc.Maritza Rojas Molina _____
Comunicadora
SETENA N° CI-099-2008

Lic. Carlos Fallas Saborío _____
Historiador
SETENA N° CI-126-2008

Lic. Eugenia Gutiérrez Castro _____
Ingeniera Civil
Colegiada IC Nº 3090
SETENA Nº CI-139-2008

COLABORARON

Bach.Jorge Leiva
Biólogo

Téc. Luis Artavia Alpízar
Técnico SIG

Ing. Mauricio Morales Morales

Ing. Luis Roberto Rodríguez

MSc. Sergio Guillén Murillo

Marjorie Rodríguez Bolaños

Bach. Krysia Castillo Picado

4.3 Términos de referencia

Los términos de referencia utilizados para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del P.H. Reventazón fueron los aprobados por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental en la *Resolución No. 1204-2008 SETENA del día 2 de mayo, 2008. Los mismos se presentan en el cuadro. 4.1.*

Cuadro 4.1
Índice de Evaluación de Impacto Ambiental (Guía de EIA)

Nº	Tema	Explicación
0.	Portada	Empresa desarrolladora, Nombre de la actividad, obra o proyecto, localización geográfica, título del documento y otros datos que identifiquen con claridad el documento de que se trata.
1	Índice	Presentar cuadro de contenido (o índice), incluyendo capítulos, cuadros, figuras, mapas, anexos y otros, señalando la página donde se encuentran en el documento. Debe presentarse al inicio del estudio y concordar con el orden de los términos de referencia otorgados en el caso de que estos se hubiesen otorgado.
2	Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA)	Resumen técnico del estudio: su vocabulario debe ser de fácil entendimiento para el público en general. Deberá indicar en forma general: introducción (objetivos, localización, entidad propietaria, justificación); descripción del proyecto, obra o actividad (fases, obras complementarias, etc.); características ambientales del área de influencia (resumen del diagnóstico ambiental); impactos del proyecto, obra o actividad, al ambiente; impactos del ambiente al proyecto, obra actividad; acciones correctivas o de mitigación así como Plan de Gestión Ambiental del mismo y resumen de compromisos ambientales. Se deberá entregar una copia a la(s) Municipalidad(es) del cantón(es) donde se localiza el Proyecto, de previo a hacer la entrega del EsIA a la SETENA y presentar el sello original del recibido.
3	Introducción	Introducción al documento, cuyas partes principales incluyen: a) alcances, b) objetivos, c) metodología, d) duración en la elaboración del instrumento.
4.	Información general	
4.1	Información sobre la persona física o	En caso de Persona Jurídica: Razón Social, original o copia certificada de la Cédula Jurídica,

	jurídica	Registro de Inscripción, dirección y fax para notificaciones, representante legal. Certificación del Registro Público o de Notario Público de la Personería Jurídica de la Sociedad que va a ejecutar el Proyecto, así como de los personeros jurídicos. En caso de Persona Física: original o copia certificada de la Cédula de identidad, dirección y fax para notificaciones.
4.2	Información sobre el equipo profesional que elaboró la EIA	Lista de profesionales participantes, firmas, especialidad de cada uno, así como su número de registro en la SETENA. Aportar sus firmas autenticadas por abogado o bien, apersonarse a SETENA para que el funcionario de la SETENA, con fe pública certifique su autenticidad.
4.3	Términos de referencia del EIA realizado	Incorporar una copia de la Resolución y los términos de referencia acordados por SETENA sobre los cuales se basa la EIA o en su defecto una aclaración sobre el uso directo de la presente Guía General.
5	Descripción del Proyecto	Descripción de los objetivos y propósitos del proyecto, obra o actividad. Descripciones de las posibles opciones de proyecto, obra o actividad.
5.1	Ubicación geográfica	Presentar plano catastrado, original o fotocopia certificada, con la ubicación del terreno donde se desarrollará el Proyecto. Además una figura con parte de la hoja cartográfica correspondiente (1:50,000 ó 1:10,000) del Instituto Geográfico Nacional, indicando la ubicación del Área del Proyecto (AP) y delineando el Área de Influencia Directa (AID) del mismo, además debe dejarse establecidas las coordenadas geográficas o en proyección Lambert del AP. Si el terreno es de otro propietario, deben presentar documento legal que autorice al proponente del proyecto a realizar las gestiones ante SETENA en esa propiedad, salvo los casos especiales a los cuales se les dispensa de este requisito, según criterio de la SETENA, como por ejemplo proyectos lineales(carreteras, líneas de transmisión, proyectos hidroeléctricos y otros similares).
5.2	Ubicación político administrativa	Provincia, cantón, distrito, dirección exacta.
5.3	Justificación	Derivación y descripción de la opción preferida y

	técnica del Proyecto y sus opciones	de otras opciones que fueron contempladas como parte del Proyecto o componentes del mismo. Las opciones deben plantearse al nivel de solución(estratégicas), de Proyecto (sitio), o de actividad(implementación). También pueden ser de tipo: i) opción seleccionada, ii) opción más favorable al ambiente y iii) opción cero. Respecto a los componentes del Proyecto (Opción Seleccionada), la justificación debe estar dada en función de: a) descripción del asunto o problema que será tratado, b) el análisis de las causas de ese problema, c) la forma en que el Proyecto solucionará o reducirá el problema, y d) los resultados de estos pasos, es decir, los objetivos específicos del Proyecto.
5.4	Concordancia con el plan de uso de la tierra	Indicar si el Proyecto, obra o actividad propuesta plantea un uso conforme a la planificación existente para el área de su desarrollo. Debe indicarse si dicha planificación es local (Cantón), regional (grupo de cantones o cuenca hidrográfica) o nacional. Si no existe plan, indicarlo. Presentar nota de uso conforme por parte de la Municipalidad respectiva, del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) y del Instituto Costarricense de Turismo (ICT) según corresponda y en el caso de que la misma no haya sido incluida durante la evaluación ambiental inicial.
5.5	Área estimada del Proyecto y área de influencia	Definir y presentar en un mapa base a escala1:10,000 ó 1:50 000 el ÁREA DEL PROYECTO, obra o actividad (AP) y las ÁREAS DE INFLUENCIA (AI) directa (AID) e indirecta(AII), tomando en cuenta lo siguiente: Área del proyecto es el terreno donde se realizará el proyecto, obra o actividad. Especificando el área neta y total. Área de Influencia: Deberá definirse un área de influencia directa (AID) e indirecta (AII) para los medios biológico, físico y social. El AID es el área que potencialmente recibirá los impactos biológicos, físicos y sociales ocasionados directamente por el proyecto. El AII es el área que potencialmente recibirá los impactos biológicos, físicos y sociales ocasionados indirectamente por el proyecto. Ambas áreas deberán definirse con una justificación fundamentada en criterios

		técnicos y científicos por los profesionales responsables, debiendo argumentarse de forma individualizada.
5.6	Fases de desarrollo o Actividades a realizar en cada fase del Proyecto	Descripción de las principales actividades que se llevarán a cabo en la construcción y operación del Proyecto, obra o actividad. Por ejemplo: tala y limpieza, movimiento de tierra, transporte de personas, producción de bienes, otros. Si el Proyecto tiene una vida útil menor de 10 años, se deberán incluir las actividades de cierre.
	Tiempo de ejecución	Especificar el tiempo de duración de cada fase antes mencionada, proyectada en años o meses si fuese necesario.
	Flujograma de actividades	Presentar un diagrama donde se muestren secuencialmente las actividades del Proyecto y su duración respectiva
	Infraestructura a desarrollar	Detallar toda la infraestructura que será construida y el área de la misma (m^2), presentando un diagrama de la planta de conjunto (diseño de sitio).
5.7	Fase de construcción	
5.7.1	Equipo y materiales a utilizar	Listado de materiales, maquinaria y equipo a utilizar en cada una de las actividades de construcción.
	Materiales a utilizar	Indicar los materiales (y sus características de peligrosidad ambiental) a utilizar en la construcción y la ubicación y características del sitio donde serán almacenados.
	Rutas de movilización de equipo	Descripción de las rutas de movilización de la maquinaria y el equipo a utilizar y características de las vías por las que serán movilizadas. Se refiere a la movilización hacia y desde el AP.
	Frecuencia de movilización	Estimar el número de vehículos movilizados a raíz del proyecto en las rutas mencionadas por unidad de tiempo (por hora o por día).
	Mapeo de rutas más transitadas por efecto del proyecto, incluyendo los acceso	Presentar un mapa, con las rutas circunvecinas que serán las más transitadas por efectos del Proyecto desde y hacia el AP, obra o actividad, en esta fase, señalar lugares importantes como escuelas, hospitales, parques, puentes, otros.
5.7.2	Necesidad de recursos en esta fase o Agua	Definir la cantidad a usar (m3/día o mes), como caudal promedio, máximo diario y máximo horario, la fuente de abastecimiento, las condiciones de la fuente y el uso que se le dará (industrial, riego, potable, etc.).

	Energía eléctrica	Definir la cantidad a usar (Mwh/año, o el equivalente en L de combustible por año, o TJ/año), la fuente de abastecimiento y el uso que se le dará.
	Alcantarillado (aguas residuales)	Definir la disponibilidad del servicio.
	Vías de acceso	Detallar las necesidades de accesos al Proyecto, obra o actividad, y el estado actual de los mismos.
	Mano de obra	Generación estimada de empleo. Indicar de dónde provendrá.
	Campamentos	Explicar si será necesario contar con un campamento temporal y detallar aspectos sobre el mismo, tales como: área a ocupar, número de personas, facilidades requeridas, servicios básicos, localización, otros.
	Otros	En caso necesario, indicar otros servicios que se vayan a utilizar.
5.7.3	Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos	Indicar lo referente a: almacenamiento, manejo, transporte, distribución, tratamiento y disposición final de los desechos y residuos señalados a continuación. Para todos los casos deberán establecer todas las medidas de prevención a tomar como parte del proyecto.
	Sólidos	Indicar la cantidad y calidad de los desechos sólidos y dónde serán depositados. Indicar la ubicación y características del sitio donde se dispondrá, el manejo que se dará. Especificar los volúmenes de tierra u otros materiales a remover. Especificar el sitio donde se dispondrá y las características de dicho sitio, el manejo que se dará y todas las medidas de prevención a tomar en dicho sitio.
	Líquidos (incluyendo drenajes)	Indicar la cantidad y calidad de los desechos líquidos y como serán tratados. En caso de utilizar tanque séptico, presentar las pruebas de velocidad de tránsito de contaminantes; en caso de utilizar Planta de Tratamiento, indicar el tipo de sistema, la ubicación de obras necesarias para el desfogue, el cuerpo receptor y sus características. Además el responsable del manejo y mantenimiento de dicha planta, así como el permiso de ubicación emitido por el Ministerio de Salud.

	Gaseosos	Indicar cantidad y calidad de las emisiones que serán generadas.
	Reciclables y/o reusables	Anotar los materiales que son reciclables y el lugar donde se procesarán. Aportar notas de aceptación de los receptores de dichos materiales.
5.7.4	Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase	Presentar un inventario de tales sustancias, indicando el nombre, grado de peligrosidad, elementos activos, sitio, sus características y métodos de almacenamiento, así como cualquier otra información relevante. Incluir combustibles y lubricantes.
5.8	Fase de operación	
5.8.1	Equipo y materiales a utilizar	Listado de materiales, maquinaria y equipo a utilizar en cada una de las actividades de operación
	Materiales a utilizar	Indicar los materiales (y sus características de peligrosidad ambiental) a utilizar en la operación y la ubicación y características del sitio donde serán almacenados.
	Rutas de movilización de equipo	Rutas de movilización de la maquinaria y el equipo a utilizar y características de las vías por las que serán movilizadas. Presentar un mapa con las rutas mencionadas. Se refiere a la movilización hacia y desde el AP.
	Frecuencia de movilización	Número de vehículos movilizados en las rutas mencionadas por unidad de tiempo (por hora o por día).
	Mapeo de rutas más transitadas por efecto del proyecto, incluyendo los acceso	Poner en un mapa las rutas circunvecinas que serán las más transitadas por efectos del Proyecto, obra o actividad, señalando lugares importantes como escuelas, hospitales, parques, puentes, otros.
5.8.2	Necesidad de recursos en esta fase o Agua	Definir la cantidad a usar (m^3/día o mes), como caudal promedio, máximo diario y máximo horario, la fuente de abastecimiento y el uso que se le dará (industrial, riego, potable, etc.). De no existir disponibilidad mediante Acueducto, deberá presentar el Estudio Hidrogeológico que demuestre la potencialidad del sitio para el abastecimiento del proyecto.
	Energía eléctrica	Definir la cantidad a usar (Mwh/año, o el equivalente en L de combustible por año, o TJ/año), la fuente de abastecimiento y el uso que se le dará.

	Alcantarillado (aguas servidas)	Definir la disponibilidad del servicio
	Mano de obra	Generación estimada de empleo. Indicar de dónde provendrán.
	Otros	En caso necesario, indicar otros servicios que se vayan a utilizar.
5.8.3	Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos	Indicar lo referente a: almacenamiento, manejo, transporte, distribución, tratamiento y disposición final de los desechos y residuos señalados a continuación. Para todos los casos deberán establecer todas las medidas de prevención a tomar como parte del proyecto.
	Sólidos	Indicar la cantidad y calidad de los desechos sólidos. Indicar el sitio donde serán depositados y las características del mismo, el manejo que se dará.
	Líquidos(incluyendo drenajes)	Indicar la cantidad y calidad de los desechos líquidos y como serán tratados. En caso de utilizar tanque séptico, presentar las pruebas de velocidad de tránsito de contaminantes; en caso de utilizar Planta de Tratamiento, en caso de utilizar Planta de Tratamiento, indicar el tipo de sistema, la ubicación de obras necesarias para el desfogue, el cuerpo receptor y sus características. Además el responsable del manejo y mantenimiento de dicha planta, así como el permiso de ubicación emitido por el Ministerio de Salud.
	Gaseosos	Indicar cantidad y calidad de las emisiones que serán generadas. Especificar los años que el proyecto tendrá emisiones.
	Reciclables y/o reusables	Anotar los materiales que son reciclables y el lugar donde se procesarán. Aportar notas de aceptación de los receptores de dichos materiales.
5.8.4	Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase	Presentar un inventario de tales sustancias, indicando el nombre, grado de peligrosidad, elementos activos, sitio, sus características y métodos de almacenamiento, así como cualquier otra información relevante. Incluir combustibles y lubricantes. Indicar el sistema de manejo propuesto.

6	Descripción de la normativa legal	6.1 Marco jurídico Debe indicarse la normativa legal de distinto orden (internacional, nacional, municipal) que debe ser considerada en el desarrollo del Proyecto. Explicar cómo influye esa normativa legal en el proyecto. Presentar en forma de tabla, breve y concisa, la ley, restricciones sanciones y beneficios.
7	Descripción del ambiente físico	
7.1	Geología o Aspectos geológicos regionales	Describir los aspectos más relevantes para la ubicación regional y caracterización general del Proyecto. Presentar mapas geológicos que incluyan: a) contexto geotectónico (escala 1:200,000); b) contexto estratigráfico y estructural regional (escala 1:50,000). Se deben utilizar referencias bibliográficas de trabajos geológicos recientes o actualizados.
	Aspectos geológicos locales	Descripción de las unidades geológicas, incluyendo tanto las rocosas como formaciones superficiales. Se debe incluir descripción técnica básica y atributos geológicos fundamentales, así como niveles de alteración y sistemas de fracturas.
	Análisis estructural y evaluación	Presentar un análisis de la estructura geológica de las unidades locales y una evaluación neotectónica básica del AP (geometría de las unidades, contactos, buzamientos, fallas1 , alineamientos, pliegues y otras). *(1 En el caso de que se detecte la presencia de una falla activa o parcialmente activa deberá aplicarse el Protocolo para Fallas Geológicas Activas que la SETENA publicará de forma separada a la presente guía y siempre y cuando se pretenda el desarrollo de infraestructura de* *ocupación humana sobre o las cercanías (igual o menor a 50 metros) de la traza de falla geológica).* Presentar en un mapa a escala 1:10 000, o mayor detalle.
	Mapa geológico del AP y AID	Presentar un mapa del área con indicación de los factores geológicos locales. Acompañar con perfiles y cortes geológicos explicativos, así como columnas estratigráficas que refuercen y clarifiquen el modelo geológico deducido para el terreno en estudio. Asimismo, deberá hacerse indicación de los

		recursos del medio físico geológico que existan en la zona(manantiales, pozos, tajos, canteras y otros). Incluir en el mapa geológico los afloramientos. El mapa debe ser presentado en una escala que muestre detalle.
	Caracterización geotécnica	Presentar una caracterización geotécnica de los suelos y formaciones superficiales, en función de la susceptibilidad a los procesos erosivos, características de estabilidad, capacidad soportante y permeabilidad. Lo anterior debe estar fundamentado con los datos de ensayos de laboratorio realizados a las muestras, datos que deben ser aportados en los anexos en el caso de que no hayan sido incluidos como parte de la evaluación ambiental inicial del proyecto, obra o actividad.
	Estabilidad de taludes	Presentar un estudio de estabilidad de taludes aportando los datos de los ensayos de laboratorio practicados a las muestras en el caso de que no hayan sido incluidos como parte de la evaluación ambiental inicial del proyecto, obra o actividad.
7.2	Geomorfología Descripción geomorfológica regional	Descripción del relieve y su dinámica, para el entendimiento de los procesos de erosión, sedimentación y de estabilidad de pendientes.
	Descripción geomorfológica local	Descripción en el AP y AID del relieve y su dinámica, para el entendimiento de los procesos de erosión, sedimentación y de estabilidad de pendientes.
	Mapa geomorfológico	Mapa geomorfológico del área de estudio, a escala 1:10000, o mayor detalle, con indicación de los factores de interés, incluyendo además el mapa de pendientes o categorías de pendientes según los siguientes ámbitos de porcentajes: 0-3, 3-8, 8-15, 15 - 30, 30 - 60 y > 60 %.
7.3	Suelos	Para proyectos agrícolas, agropecuarios y forestales, deben presentar un estudio de suelos georeferenciado, que contenga: Escala 1:10.000 o mayor Densidad de observaciones de 40 a 60 por km2(barrenadas y/o calicatas) Descripción morfológica de cada una de las

		observaciones según el Manual de la FAO Clasificación taxonómica, hasta nivel de subgrupo, según las normas de 1999, que establece USDA. Capacidad de uso de las tierras, a nivel de unidad de manejo, según el decreto MAG-MIRENEM Recomendaciones de uso, manejo, conservación y recuperación de suelos derivado del estudio y relacionadas con la obra, actividad o proyecto. Dicho estudio puede ser realizado por un profesional debidamente acreditado por medio de la Ley Nº 7779, de Uso Manejo y Conservación de Suelos y avalado por el INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria y su Departamento de Servicios Técnicos), o bien elaborado por dicho instituto.
7.4	Clima	Descripción regional y local de las características climáticas (viento, temperatura, humedad relativa, nubosidad, pluviometría, etc) para el entendimiento de los factores que influyen los procesos de rehabilitación y dimensionamiento de sistemas de drenaje y estructuras hidráulicas (apoyar con figuras y cuadros). Utilizar la información de la estación meteorológica más cercana al sitio. Mapas de factores climáticos (regional y local). Otras características de los fenómenos climáticos.
7.5	Hidrología	
7.5.1	Aguas superficiales	Descripción de la red hidrográfica regional que se encuentre ligada al AID. Presentar en un mapa hidrográfico. Resaltar en dicho mapa los cuerpos de agua que puedan ser potencialmente afectados por el Proyecto (toma de agua, efluentes, modificación de cauce o ribera, etc.).
	Calidad del agua	Caracterización bacteriológica, físicoquímica y biológica de las aguas superficiales que podrían ser directamente afectadas por el Proyecto, analizando los parámetros que potencialmente pueden llegar a ser alterados por la implementación de la actividad de desarrollo (por ej.: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión y disueltos, DQO, DBO, oxígeno disuelto, aceites y grasas, metales pesados, nitrógeno, sulfatos, cloro, flúor y coliformes totales). Evaluación de estas

		características. Para la variable biológica se deberá realizar un estudio de organismos bentónicos o de perifiton con la metodología de la EPA u otra similar
	Cotas de inundación	Determinar la frecuencia histórica de inundaciones en el sitio del Proyecto, con base en el conocimiento de las poblaciones locales e informes de las Autoridades correspondientes. Presentar en un mapa o figura, las zonas inundables, superpuestas a las obras del proyecto.
	Caudales (máximos, mínimos y promedio)	En caso de modificaciones de caudal o de cauce a raíz de la implementación del proyecto, realizar un estudio hidrológico para la sub-cuenca que incluya posibilidades de inundación. Utilizar datos actuales, cuando exista.
	Corrientes, mareas y oleaje	Para aquellos proyectos localizados en la zona costera, presentar los datos sobre la dinámica hídrica de la zona costera, incluyendo eventos máximos. Presentar en figura o mapa.
7.5.2	Aguas subterráneas	Ubicar y caracterizar los acuíferos que estuvieran localizados en el AP y AID. Señalar la profundidad del manto freático. Utilizar información de las autoridades relacionadas con la materia o de elaboración propia.
	Vulnerabilidad a la contaminación	Análisis de la susceptibilidad a la contaminación (con proyecto y sin proyecto). Se recomienda la utilización de alguna metodología especializada para tales efectos, por ejemplo: GOD, DRASTIC u otra similar que se adapte a las condiciones e información disponible.
	Mapa de elementos hidrogeológicos	Presentar un mapa que muestre la proyección de extensión del acuífero, áreas de recarga, unidades hidrogeológicas, manantiales, pozos perforados y excavados, fuentes de contaminación superficial y otros, incluir las zonas de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.
7.6	Calidad del aire	Caracterización general de la calidad del aire. Se deben analizar los parámetros (conforme a las normativas establecidas por la legislación vigente) que potencialmente pueden llegar a ser alterados por la ejecución del Proyecto, obra o actividad. La información técnica debe complementarse con información que pueda brindar la población de la zona.
	Ruido y vibraciones	Caracterización del nivel de ruido y vibraciones en el área de estudio, frente a los valores indicados por normas específicas o generales (conforme a

		las normativas vigentes), relacionados con características de viento y otros factores.
1.1.1	Olores	Caracterización de los olores en el área de estudio, relacionados con características de viento y otros factores.
	Gases	Caracterización de emanaciones gaseosas en el área de estudio, frente a los valores indicados por normas específicas o generales (conforme a las normativas vigentes), relacionados con características de viento y otros factores.
7.7	Amenazas naturales	La información técnica debe complementarse con información que pueda brindar la población de la zona. Además, se deben considerar las opiniones y criterios técnicos de las organizaciones de atención de emergencias que tengan incidencia en la zona.
	Amenaza sísmica	Indicar las generalidades de la sismicidad y tectónica del entorno: fuentes sísmicas cercanas al AP, sismicidad histórica, magnitudes máximas esperadas, intensidades máximas esperadas, periodo de recurrencia sísmica, resultado de la amenaza con base en la aceleración pico para el sitio, periodos de vibración de sitio, microzonificación en función del mapa geológico. Este análisis debe realizarse de forma concordante con lo establecido en el Código Sísmico vigente.
	Fallas geológicas activas	Analizar con criterios de neotectónica el potencial de ruptura en superficie por fallamiento geológico activo, localizado en el AP o AID.
1.1.2	Amenaza volcánica	Identificar los centros activos de emisión volcánica, que se encuentren en un radio de 30Km. de distancia del AP. De existir algún centro activo en ese rango de los 30 Km., determinar la susceptibilidad del AP por: flujos piroclásticos, avalanchas volcánicas, flujos de lodo, coladas de lava, apertura de nuevos conos volcánicos, caídas de ceniza, dispersión de gases volcánicos y lluvia ácida.
	Movimientos en masa	Analizar, en el AP, los movimientos en masa (deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, reptación de suelos, etc.). Deberá ser presentado para todos aquellos Proyectos, obras o actividades, que se desarrollen en terrenos con pendientes mayores al 15 %.

	Erosión	Analizar la susceptibilidad del AP, a otros fenómenos de erosión (lineal, laminar).
	Inundaciones	Definir la vulnerabilidad de inundación del AP, y en caso de zonas costeras a tsunamis y huracanes.
	Licuefacción, subsidencias y hundimientos	Analizar la susceptibilidad del terreno a fenómenos de licuefacción, subsidencias y hundimientos
	Mapa de susceptibilidad	Presentar un mapa de susceptibilidad del terreno a la amenaza natural, incluyendo todos los factores mencionados anteriormente. Utilizar mapas regionales solamente como consulta. El mapa de susceptibilidad debe ser de elaboración propia, de acuerdo a las características locales encontradas. Ubicar en dicho mapa las obras del proyecto.
8	Descripción del ambiente biológico	Caracterizar la integridad ecológica y biológica del ambiente (estado de conservación del medio).
8.1	Introducción	Indicar y describir las características biológicas del área de estudio (incluyendo el AP y AID) en función del tipo de zona de vida. Indicar la existencia de corredores biológicos, bosques riparios y similares en el área. Presentar como figura o mapa.
8.1.1	Ambiente Terrestre Estatus de protección del AP	Indicar la categoría de protección que asigna el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) al AP.
	o Zonas de vida	Describir el bioclima para cada zona de vida en el AP y el AID. Relacionar el AP y AID del proyecto con respecto a la provincia de humedad, región latitudinal y pisos altitudinales a que pertenecen.
	Asociaciones naturales presentes	Identificar cada asociación natural (ecosistema) presente en el AP y AID. Indicar la respectiva potencialidad para la conservación y dar su extensión en hectáreas. Si dos o más asociaciones están presentes indicarlas en un mapa a escala apropiada.
	Cobertura vegetal actual por asociación natural	Describir la cobertura actual en el AP y AID, asociar la información obtenida con respecto a la fauna presente. Calcular el número de árboles (DAP mayor o igual a 15 cm) por hectárea en el AP.

	Especies indicadoras por ecosistema natural	En el AP y AID identificar especies de flora y fauna que tipifican o caracterizan los ecosistemas analizados. Identificarlas por su nombre científico y vernáculo.
	Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción	Presentar una lista de la flora y fauna situada en el AP y AID que se encuentren protegidas por la legislación vigente, incluyendo el convenio internacional CITES. Identificarlas por su nombre científico y vernáculo.
	Fragilidad de ecosistemas	Calificar la fragilidad de ecosistemas analizados en el AP y AID, en función de su capacidad intrínseca de recuperación (por ejemplo: fragilidad alta cuando cualquier alteración no permita recuperar su estado original; en fragilidad baja cuando cualquier alteración pueda revertirse de manera natural en un periodo menor a un año, justificando técnicamente la calificación otorgada). Definir la necesidad de áreas de amortiguamiento en el AP.
8.1.2 c	Ambiente Marítimo Estatus de protección del AP	Indicar categoría de protección que asigna el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) al AP.
	Poblaciones y comunidades marinas presentes	Describir la composición y estructura trófica en comunidades y poblaciones marinas presentes en el AP y AID. (arrecifes, comunidades asociadas a rocas del fondo marino etc.) Describir el AP con respecto a su utilización como sitio de reproducción, alimentación, paso y/o refugio de especies, y determinar su importancia.
	Especies indicadoras por ecosistema marino	En el AP y AID identificar las especies que tipifican o caracterizan el ecosistema presente. Identificarlas por su nombre científico y vernáculo.
	Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción	Presentar una lista de especies identificadas en el AP y AID que se encuentren protegidas por la legislación vigente, incluyendo el convenio internacional CITES. Identificarlas por su nombre científico y vernáculo.
	Fragilidad del ambiente marino	Calificar la fragilidad de ecosistemas analizados en el AP y AID, en función de su capacidad intrínseca de recuperación (por ejemplo: fragilidad alta cuando cualquier alteración no permita recuperar su estado original; en fragilidad baja cuando

		cualquier alteración pueda revertirse de manera natural en un periodo menor a un año, justificando técnicamente la calificación otorgada). Definir la necesidad de áreas de amortiguamiento en el AP.
8.1.3	Ambiente acuático (aguas continentales) Fauna acuática	Describir el ecosistema en términos de las especies existentes, tomando en cuenta las especies mayores como nutrias, cocodrilos, zorro de agua, dantas, tortugas, peces etc.
	Caracterización del Ecosistema ripario	Caracterizar las zonas aledañas a los ecosistemas acuáticos existentes en términos generales como potreros, tacotal, bosque, cultivos etc. e identificar las especies de flora y presentar la lista con nombre científico y vernáculo.
	Especies indicadoras	Caracterizar la estructura de las comunidades acuáticas tomando como base el macrobentos o el perifiton y utilizar para dicha caracterización algún índice reconocido.
	Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción	Presentar una lista de especies identificadas en el AP y AID que se encuentren protegidas por la legislación vigente, incluyendo el convenio internacional CITES. Identificarlas por su nombre científico y vernáculo.
	Fragilidad del ambiente acuático continental	Calificar la fragilidad del ecosistema analizado en el AP y AID, en función de su capacidad intrínseca de recuperación (por ejemplo: fragilidad alta cuando cualquier alteración no permita recuperar su estado original; en fragilidad baja cuando cualquier alteración pueda revertirse de manera natural en un periodo menor a un año, justificando técnicamente la calificación otorgada). Definir la necesidad de áreas de amortiguamiento en el AP.
9	Descripción del ambiente socioeconómico	Presentar una introducción y una descripción detallada de la metodología y conceptos más importantes, utilizados para la elaboración de este apartado.
9.1	Uso actual de la tierra en sitios aledaños	Presentar un mapa con los patrones de uso de la tierra en el AP y en los sitios aledaños al Proyecto (AID), y determinar cómo el proyecto podría inducir cambios en los patrones actuales de uso o bien como dichos patrones podrían afectar al proyecto, obra o actividad.

		Analizar la congruencia del uso propuesto por parte del proyecto, con los patrones existentes, según el tipo de relación que se establezca (por ejemplo: dependencia, complementariedad, antagonismo, si no existe relación) es decir, la forma en la cual se vincularía el uso propuesto con el patrón existente.
9.2	Tenencia de la tierra en sitios aledaños	Caracterizar de forma general los patrones de tenencia de la tierra del AID y el AP, y analizar el efecto del proyecto, obra o actividad, sobre tales patrones.
9.3	Características de la población	Las siguientes características deben ser analizadas y comparadas con los indicadores provinciales, regionales y/o nacionales correspondientes, analizando las particularidades encontradas en el AP y AID, así como la influencia del proyecto, obra o actividad en cada una de ellas. Los datos de fuentes secundarias deben ser utilizados solamente como referencia y parámetro de comparación, en todos los casos deberán elaborarse los instrumentos de recolección de la información para el análisis de las características del AP y AID.
	Demográficas	Incluye variables sobre población, tales como tamaño, estructura, tasas y principales tendencias de crecimiento, indicadores de salud y los movimientos migratorios de la población y otras características demográficas.
	Culturales y sociales	Incluye una caracterización general de los principales patrones o tendencias culturales que puedan verse directamente afectadas por el proyecto, obra o actividad. Además, una breve caracterización de las organizaciones sociales con incidencia en la zona, así como las estructuras de organización social predominantes en la zona, identificando y analizando grupos de interés alrededor del proyecto, sus intereses, necesidades, posición sobre el proyecto. Deberá presentarse además, un análisis de las fuerzas impulsoras y obstructoras del proyecto, así como de la combinación de varios grupos, que pudieran interactuar simultáneamente en la ejecución del proyecto. También la identificación de la problemática

		comunal existente, por parte de las personas de las comunidades. Otras características culturales y sociales.
	Económicas	Incluye la identificación de actividades económicas en la zona, actividades económicas de la población en estudio, indicadores de empleo, tasa de desempleo abierto de la población del AID, de manera que se establezca que el requerimiento de mano de obra del proyecto puede ser satisfecha en la zona (o en su defecto indicar cómo se satisfacen éstas demandas del proyecto), condiciones de pobreza e ingreso de la población en estudio, así como otras características económicas de relevancia y la influencia del proyecto, obra o actividad en las condiciones económicas del área de influencia social.
9.4	Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular	Establecer las características actuales de la red vial del AID, los niveles de seguridad y los conflictos actuales de circulación, y analizarlos en función de la ejecución y operación del Proyecto, obra o actividad. Percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad sobre la seguridad vial y circulación vehicular.
9.5	Servicios de Emergencia disponibles	Analizar y caracterizar los servicios existentes: estación de bomberos, Cruz Roja, Policía, hospitales, clínicas y otros, que den cobertura a las eventuales necesidades generadas por el proyecto, obra o actividad. Percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad sobre los servicios de emergencia disponibles.
9.6	Servicios básicos	Identificar la disponibilidad de los servicios básicos: agua potable, alcantarillado, electricidad, transporte público, recolección de basura, centros educativos, servicios de salud y otros. Además, analizar el acceso, cantidad y calidad de los servicios que tiene la población en estudio. Percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad sobre los servicios básicos disponibles.
9.7	Percepción local sobre el Proyecto y sus posibles impactos	Indicar cuál es la percepción, posición, actitudes y preocupaciones de los habitantes del área de influencia social sobre la ejecución del proyecto, obra o actividad, las transformaciones generadas a partir de éste, así como la percepción de potenciales impactos ambientales que podría

		generar dicha ejecución. Además identificar las necesidades de información que tiene la población sobre el proyecto, obra o actividad. Identificar y caracterizar los posibles conflictos sociales que se puedan derivar de la ejecución. Para realizar este apartado, debe utilizarse según corresponda, los siguientes estudios:
	Proceso participativo interactivo	El equipo consultor realizará un proceso participativo interactivo en los proyectos cuya ÁREA DE INFLUENCIA definida cuenta con población indígena o bien en proyectos que tengan probabilidad de generar un alto nivel de conflicto social en los grupos o comunidades del AID (el nivel de conflicto se puede prever ya sea por conocimiento histórico o manifestaciones directas). Para la ejecución de este proceso, el EQUIPO CONSULTOR deberá organizar un programa participativo de reuniones y actividades con miembros de las comunidades. Se les presentará el proyecto y se analizarán los alcances y las posibles afectaciones. Como parte de este proceso de interacción, el equipo incluirá en el análisis de impactos, los temas o puntos específicos que las comunidades consideren relevantes con relación al proyecto. El equipo consultor levantará un registro o memoria-sistematización, de todas estas reuniones y actividades, mismo que se presentará como parte de la EIA.
9.8	Infraestructura comunal	Caracterizar la infraestructura comunal: entre otras, caminos, puentes, centros educativos y de salud, parques, viviendas, sitios de recreación, que pueden ser afectados por el Proyecto, obra o actividad. Percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad sobre la infraestructura comunal. Debe señalarse de forma específica y detallada, si el desarrollo del proyecto implica el desplazamiento de personas, familias o comunidades, en cuyo caso se debe hacer un inventario o censo de esos actores sociales y su opinión respecto a la situación que les plantea el proyecto, obra o actividad.
9.9	Sitios arqueológicos	Realizar la inspección arqueológica preliminar, según los términos del Informe de Inspección Arqueológica y su Manual. Describir claramente la

		metodología utilizada y los principales conceptos usados para la elaboración del apartado.
	o Sitios registrados	Indicar si existen sitios arqueológicos registrados en el AP y AID. Detallar las características de dichos sitios.
	o Materiales o rasgos culturales identificados en el AP	Identificar y caracterizar claramente los materiales o rasgos culturales, entendidos como cualquier evidencia de material de actividad prehispánica, incorporando sus características básicas tales como: tipo de material; tipo de rasgo; temporalidad, unicidad y otras características.
	o Densidad de material encontrado y extensión del sitio en el AP	Determinar la densidad por metro cuadrado del material encontrado. Establecer la dispersión del material en superficie y otros datos que puedan conducir a una tendencia en el tamaño del sitio. Presentar gráficamente la ubicación del depósito arqueológico con respecto a las obras del proyecto (Plano básico del proyecto)
	o Análisis de la información arqueológica recuperada en el AP	Analizar y detallar claramente la importancia del hallazgo en términos de su contribución relativa tanto para el conocimiento arqueológico, el patrimonio cultural, el aporte social en general de la información.
	o Posibilidades de recuperación de información adicional en el AP	Describir la tendencia esperada en términos de la expectativa de información arqueológica que se podría recuperar con la información de la inspección preliminar. Incluir en el Plan de Gestión Ambiental, las recomendaciones técnicas de las acciones específicas a realizar en etapas posteriores.
9.10	Sitios históricos, culturales	Señalar y caracterizar estos sitios en el área de influencia y analizar el efecto del proyecto, obra o actividad sobre los mismos. Se debe abarcar: lugares, edificaciones, estructuras, formas tradicionales de cultivo y toda manifestación de la actividad humana que represente la historia nacional o local; lugares donde ocurrieron sucesos históricos de relevancia; lugares, edificios, árboles o evidencias relacionadas con personalidades importantes para la historia. Deberá coordinarse con las autoridades correspondientes establecidas en la legislación vigente e incluir la percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad sobre los sitios históricos y culturales.

9.11	Paisaje	Identificar y caracterizar los principales recursos paisajísticos que existen en el área de influencia social, incluyendo los valores recreativos, comerciales y estéticos del recurso, que pueden ser afectados por el proyecto, obra o actividad. Percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad sobre los recursos del paisaje del área de influencia social. Esta presentación debe apoyarse, en lo posible, con fotografías u otros medios gráficos de las condiciones existentes.
9.12	Mapa de áreas Socialmente sensibles	Presentar el resumen de las características sociales del área de influencia, sobre el mapa del AP y su área de influencia, en forma de mapa, en el cual se definen las áreas socialmente sensibles a los efectos del proyecto. La escala del mapa debe ser 1:10.000, u otra escala que presente detalle.
10	Diagnóstico ambiental	Diagnóstico Ambiental del proyecto, incluyendo la aplicación de una metodología convencional para la identificación de los impactos ambientales más significativos. Este elemento, también debe ser evaluado para las rutas o sitios de las opciones analizadas. Describir la metodología para la identificación de los impactos del proyecto, en el cual se deben incorporar también los impactos potenciales identificados por las comunidades, actores sociales y en el diagnóstico del medio social.
10. 1	Resumen del Proyecto y de las opciones contempladas	Basado en los datos del Capítulo 5 Descripción del Proyecto, realizar una síntesis del Proyecto, que integre también las opciones contempladas como parte del diseño preliminar y su comparación.
10.2	Elementos del Proyecto generadores de impactos ambientales	Resumen de las actividades impactantes de las opciones del proyecto.
10.3	Factores del Medio Ambiente susceptibles de ser impactados	Enlistar y describir, de forma breve, los factores del medio ambiente que podrían ser afectados por el Proyecto. Deben incluirse elementos relacionados con: aire, suelo, aguas superficiales, aguas subterráneas, biotopos acuáticos y terrestres, amenazas naturales, aspectos sociológicos y culturales, paisaje, manejo de desechos sólidos, desechos líquidos, sustancias peligrosas, relaciones con las comunidades cercanas y

		elementos de salud e higiene ocupacional, (incluye todos los elementos identificados en el diagnóstico de los capítulos 7, 8 y 9)
10.4	Identificación y pronóstico de impactos ambientales	Aplicación de una metodología convencional, científicamente aceptada, que confronte las actividades impactantes del Proyecto, en las distintas opciones, con respecto a los factores del Medio Ambiente que podrían ser afectados.
10.5	Impactos Ambientales que producirá el Proyecto	Listado de los impactos ambientales identificados como potencialmente significativos y que produciría el Proyecto en sus diferentes fases: constructiva y operativa
10.6		
10.7	Mapa de Susceptibilidad ambiental integral vrs componentes del Proyecto	Elaboración de un mapa de diagnóstico ambiental del terreno (escala 1:10.000, o mayor detalle), que considere todos los aspectos analizados en el EsIA, incluyendo el mapa de susceptibilidad a las amenazas naturales, el mapa del medio biológico y de elementos sociales sensibles. Se debe ubicar el Proyecto, obra o actividad, sobre este mapa y ubicar los impactos y potencialización de amenazas naturales, entre el Proyecto, obra o actividad, y el medio ambiente.
11	Evaluación de impactos y medidas correctivas	La evaluación de impactos debe analizar el efecto del Proyecto en su área del Proyecto (AP), en su Área de Influencia Directa (AID) y su Área de Influencia Indirecta (AII). La evaluación deberá considerar los impactos en cada una de las tres etapas del Proyecto, o sea: Parte A) en la etapa de construcción, Parte B) en la etapa de operación. La evaluación deberá comprender una valoración cualitativa y cuantitativa. Deberá incluirse, la Matriz de Importancia de Impacto vigente, la cual será utilizada por la SETENA como estándar de valoración, o bien, una metodología más exhaustiva y rigurosa. Dicha Valoración debe ser realizada por el equipo consultor completo y no únicamente por el coordinador del EsIA y deben explicar los criterios técnicos que conducen a cada uno de los valores que se asignan, en la valoración de cada uno de los impactos. Se deben presentar las medidas para prevenir, mitigar, controlar, evitar y/o compensar todos los impactos analizados relacionados con el Proyecto,

		obra o actividad, y a las amenazas naturales, además se deben presentar las medidas para maximizar los impactos positivos potenciales. Estas medidas deben ser concretas y técnicamente viables. Cuando aplique, deberán ubicarse en un mapa las medidas a aplicar en una escala que presente detalle, en caso de no detallar a este nivel. Todas las medidas deben plantearse como un compromiso y no como posibilidades o recomendaciones.
11.1	Medio Físico(En cada uno de los componentes analizados en el capítulo físico)	Deben analizarse los impactos ambientales que se producen en cada uno de los componentes y factores ambientales del medio físico, señalando: la fuente del impacto (descripción y análisis), cuantificando esas fuentes dentro del contexto del AP y el AID, y del AII; cualificando y cuantificando la importancia del impacto de acuerdo a la metodología establecida, y definiendo el conjunto de medidas preventivas, correctivas, de mitigación, de compensación, si se trata de un impacto negativo, o bien de potenciación si se refiere de un impacto positivo; que podrían ser aplicadas para dicho impacto ambiental.
11.2	Medio Biótico(En cada uno de los componentes analizados en el capítulo biológico)	Deben analizarse los impactos ambientales que se producen en cada uno de los componentes y factores ambientales del medio biológico, señalando: la fuente del impacto (descripción y análisis), cuantificando esas fuentes dentro del contexto del AP y el AID, y del AII; cualificando y cuantificando la importancia del impacto de acuerdo a la metodología establecida, y definiendo el conjunto de medidas preventivas, correctivas, de mitigación, de compensación, si se trata de un impacto negativo, o bien de potenciación si se refiere de un impacto positivo; que podrían ser aplicadas para dicho impacto ambiental.
11.3	Medio Socioeconómico (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo socioeconómico)	Deben analizarse los impactos ambientales que se producen en cada uno de los componentes y factores ambientales del medio socioeconómico, señalando: la fuente del impacto (descripción y análisis), cuantificando esas fuentes dentro del contexto del Área de Influencia directa e indirecta definidas; cualificando y cuantificando la importancia del impacto de acuerdo a la metodología establecida, y definiendo el conjunto de medidas preventivas, correctivas, de mitigación, de compensación, si se trata de un impacto

		negativo, o bien de potenciación si se refiere de un impacto positivo; que podrían ser aplicadas para dicho impacto ambiental.
11.4	Análisis de los Efectos Sinergísticos de otros proyectos en construcción y operación	Realizar el análisis de efectos sinergísticos que tendrá el proyecto, obra o actividad, considerando la existencia de otros proyectos, obras o actividades en construcción y operación, en el área de influencia indirecta del proyecto (biofísica y social). Dicho análisis deberá ser elaborado utilizando una metodología reconocida científicamente, deberán detallar, explicar y describir sus principales postulados, conceptos y criterios técnicos utilizados en su elaboración.
11.5	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales	Elaborar una tabla resumen que presente todos los impactos ambientales que producirá el proyecto, en sus diferentes etapas y el resultado de la valoración de la importancia del impacto ambiental. Se deberán señalar los impactos que generan efectos acumulativos. Discutir, comparativamente la calificación de los impactos ambientales, en particular el balance entre los impactos negativos y positivos, y resumir cuáles serían los impactos más importantes que produciría el Proyecto. Sobre esta misma línea, debe retomarse el tema de las alternativas analizadas y comparar, de forma breve, la alternativa seleccionada respecto a las otras que fueron contempladas.
12 (Todos)	Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental (PGA)	El plan de gestión es producto de la EIA, en él se exponen las prácticas que deberán implementarse para prevenir, controlar, disminuir o compensar impactos ambientales negativos significativos y maximizar los impactos positivos que se originen con el Proyecto, obra o actividad. Debe incluir además, todas las medidas ambientales incorporadas en el diseño del proyecto y que justifica que ciertos impactos no se catalogaron como significativos en la evaluación de impactos (ej. lagunas de sedimentación, pilas de contención de derrames, pantallas visuales, sistemas de cimentación especiales, etc.)

12.1	Organización del Proyecto y Ejecutor de las medidas	Debe describirse la organización que tendrá el Proyecto, tanto en la fase constructiva, como operativa. Para cada fase, se debe señalar los responsables de ejecución de las medidas ambientales indicadas en el capítulo de evaluación de impactos.
12.2	Cuadro del Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental	Como síntesis de la EIA realizada se deberá elaborar, en forma de Tabla, el Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental. Su contenido temático es el siguiente: a) Acción del proyecto que genera el impacto, b)Factor Ambiental Impactado, c) Impacto Ambiental propiamente dicho, d) Cita de la regulación ambiental relacionada con el tema e) Medidas ambientales establecidas, f) Tiempo de ejecución de esas medidas, g) Costo de las medidas, h) Responsable de aplicación de las medidas, i) Indicador de desempeño establecido para controlar el cumplimiento, j) Síntesis del compromiso ambiental. El P-PGA debe utilizar como guía temática el conjunto de factores ambientales analizados individualmente en el capítulo de evaluación de impactos.
12.3	Monitoreo - Regencia	Otra parte del P-PGA consiste en definir los objetivos y acciones específicas de monitoreo sobre el avance del plan conforme se ejecutan las acciones del proyecto, obra o actividad. Deben definirse claramente cuáles son las variables ambientales o factores a los que se les dará seguimiento (la frecuencia, los métodos, tipo de análisis, y la localización de los sitios). Debe haber integración clara con lo propuesto en el punto anterior. El monitoreo puede incluir la etapa de construcción y/o la de operación y cierre dependiendo de la complejidad del Proyecto y de la fragilidad ambiental del terreno.
12.4	Cronograma de ejecución	Sobre la base del P-PGA y del cronograma de ejecución del Proyecto, resumir en un cronograma, las acciones que se llevarán a cabo para implementar las medidas ambientales. .
12.5	Costos de la gestión ambiental	Presentar, preferiblemente en un cuadro, los costos totales de la implementación de las medidas ambientales propuestas, incluyendo ejecución, responsables, y monitoreo.

13	Análisis de Riesgo y Planes de Contingencia	
13.1	Fuentes de Riesgo Ambiental	En virtud de las condiciones y características con que se ejecutará el Proyecto, en sus diferentes etapas o fases, debe realizarse un análisis e identificación de las fuentes de riesgo ambiental, es decir, de aquellos elementos del Proyecto que se califiquen como sitios potenciales de significativa contaminación o degradación del ambiente. A modo de orientación se incluyen los siguientes ejemplos: sustancias peligrosas (combustibles, solventes, pinturas, plaguicidas), fuentes de energía, desechos peligrosos, estructuras localizadas en sitios vulnerables a las amenazas naturales, entre otros.
13.2	Evaluación de Riesgo Ambiental	Calificación de la situación del riesgo ambiental para cada una de las fuentes identificadas. Deberán tomarse en cuenta las medidas establecidas en el Plan de Gestión Ambiental.
13.3	Plan de contingencia	Para proyectos, obras o actividades, que utilicen sustancias peligrosas, que se encuentren en áreas frágiles o que por su naturaleza representen peligro para el medio ambiente o poblados cercanos, así como los que sean susceptibles a las amenazas naturales, se debe presentar un plan de contingencia que indique las acciones que se tomarán en caso de accidente. Este plan debe involucrar a las comunidades y autoridades respectivas (Ministerio de Seguridad Pública, Cruz Roja, CNE). El Plan de Contingencia puede ser separado temáticamente de acuerdo a cada una de las fuentes de riesgo analizadas.
14.1	Análisis financiero	Este estudio consiste en la determinación de los costos y beneficios privados directos del Proyecto, obra o actividad, así como su capacidad de financiamiento
	Flujo de caja	Elaborar un flujo que contemple los gastos de inversión y los beneficios netos operacionales.
	Cálculo del VAN y la TIR	Establecer el aporte de riqueza del Proyecto, obra o actividad mediante el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la rentabilidad del Proyecto mediante la Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Financiamiento	Exponer el esquema de financiamiento al flujo de caja calculado, que incluya el financiamiento a la inversión y a los años de operación que así lo requieran. Se debe construir un flujo en el que se le sume al flujo de caja, los ingresos de capital financiero y erogaciones por concepto de amortización e intereses.
15	Calidad Ambiental del AP y el Área de Influencia Biofísica y Social(directa e indirecta)	Consiste en un análisis general de la situación ambiental del AP y el Área de Influencia como consecuencia del desarrollo del Proyecto.
15.1	Pronóstico de la calidad ambiental del Área de Influencia Biofísica y Social (directa e indirecta).	Tomando en consideración la situación ambiental actual del AP y del Área de Influencia del mismo, debe realizarse un análisis de la calidad ambiental que tendrá el área de influencia del Proyecto a partir de su implementación. Para ello se tomarán en cuenta las medidas a aplicar por el mismo, tanto dentro del ámbito del Proyecto, como de sus efectos acumulativos.
15.2	Síntesis de Compromisos ambientales del Proyecto	A modo de resumen de los compromisos ambientales establecidos en el P-PGA, y del análisis de riesgo y contingencia se deben establecer los lineamientos ambientales que regirán el desarrollo del Proyecto en sus diferentes fases. En este caso, el orden de los compromisos y lineamientos ambientales no se debe hacer de acuerdo a las fases temporales del Proyecto, sino más bien, en función de los factores ambientales, a modo de medidas de Gestión y Protección del factor ambiental en cuestión. Para utilizar este P-PGA en trámites del Ministerio de Salud, debe especificarse en texto aparte bajo el título **"Detalle de Información Requerida por el Ministerio de Salud"** (pero dentro del documento de EIA), las medidas de gestión a desarrollar en los siguientes ámbitos: emisiones; manejo de desechos sólidos (ordinarios y especiales) y manejo de desechos líquidos (de todo tipo); compromiso de desarrollar un programa de salud e higiene ocupacional (para fase operativa y constructiva), según la legislación vigente.

15.3	Política Ambiental del Proyecto	Como síntesis de las medidas resumidas deberán plantear la Política Ambiental que regirá al Proyecto durante toda su ejecución. Esta política ambiental debe incluir su objetivo, sus alcances, el compromiso con el mejoramiento continuo, de control y seguimiento ambiental y de buena relación con las comunidades vecinas.
16	Monto Global de la Inversión de la opción seleccionada	Exponer el monto de las erogaciones por compra de terrenos, construcción de instalaciones, caminos de acceso, obras de electrificación, agua potable e industrial, compra de maquinaria y equipo, personal calificado y no calificado. Se debe indicar la vida útil del Proyecto y el valor de rescate estimado del mismo. No deben incluirse los costos hundidos tales como el estudio de factibilidad. El desglose del monto global de la inversión deberá ser presentado por medio de una declaración jurada, firmada por el profesional correspondiente.
17	Referencias Bibliográficas	Listado de toda la bibliografía (libros, artículos, informes técnicos y otras fuentes de información) citada en los diferentes capítulos del EsIA. Las citas dentro del texto deben hacerse en MAYÚSCULA. Las referencias bibliográficas deben estar completas y deben seguir los procedimientos convencionales de citado bibliográfico incluyendo datos como autor(es), año, título, fuente en que se encuentra, número de página, ciudad de publicación o edición.
Anexos		Deben estar numerados y debidamente referenciados en el texto. Solo se deben incluir aquellos documentos estrictamente necesarios y que verdaderamente sirvan de complemento a la Evaluación de Impacto Ambiental.
Formato para la presentación		a) Aportar una copia de forma digital, incluyendo, las figuras y mapas digitalizados y georeferenciados (en coordenadas geográficas o proyección Lambert) cuando corresponda. Dicho disco debe identificarse con el número de expediente y nombre del proyecto.

b) Presentará además una copia de la Declaratoria de Impacto Ambiental, con el sello de recibido por parte de la(s) Municipalidad(es) donde se ubica el Proyecto, obra o actividad a desarrollar.

c) Debe ser presentado en un formato de papel de 28 cms x 21,8 cms, en letra de 10 - 12 puntos, a espacio sencillo (doble espacio entre párrafos y títulos; además con márgenes superior, inferior y derecho de 2,5 cms y, de 3,5 cm el izquierdo).

d) Su extensión, no debe exceder las 150 páginas. Salvo casos especiales debidamente justificados por la magnitud del proyecto, obra o actividad, se podrá permitir mayor cantidad de páginas, PREVIA SOLICITUD A LA SETENA. La impresión, tanto del original, como de las copias, debe darse por ambos lados de la hoja.

e) La información técnica detallada y muy específica puede ser presentada como anexo, siempre y cuando se haga debida referencia en el texto del documento.

f) Los mapas pueden ser desplegables, pero deben ser incluidos dentro del informe, y no como pliegos separados. Las figuras, cuadros y mapas deben ser claros, con sus respectivos títulos, escalas, leyendas y simbologías y deben ser digitalizados en un programa de cómputo de fácil acceso y se recomienda que la información aportada se disponga en "capas" homogéneas, representada por colores diferentes. Todas las páginas deberán estar numeradas, así como los títulos y subtítulos del mismo.

g) Todos los mapas temáticos y fotografías incluidas en el documento, deben ser presentadas a color, tanto en el original como en las copias. En los mapas deben señalar el AP y en las fotografías deben señalar y especificar debidamente, lo que se quiere mostrar.

h) Toda la información incluida en el documento, inclusive la de las figuras y anexos debe ser presentada en idioma español.

i) El original del documento deberá estar presentado con "empaste duro" y las copias en portafolio de anillos o con otro método

convencional de encuadernación que asegure su consistencia.. El nombre del proyecto y el número del expediente deben estar impresos en el lomo y en la portada debe aparecer esos mismos datos, así como el nombre del desarrollador y el de la empresa consultora o Coordinador del EsIA.

CAPÍTULO 5

5. Descripción del proyecto

5.1 Ubicación geográfica y político – administrativa

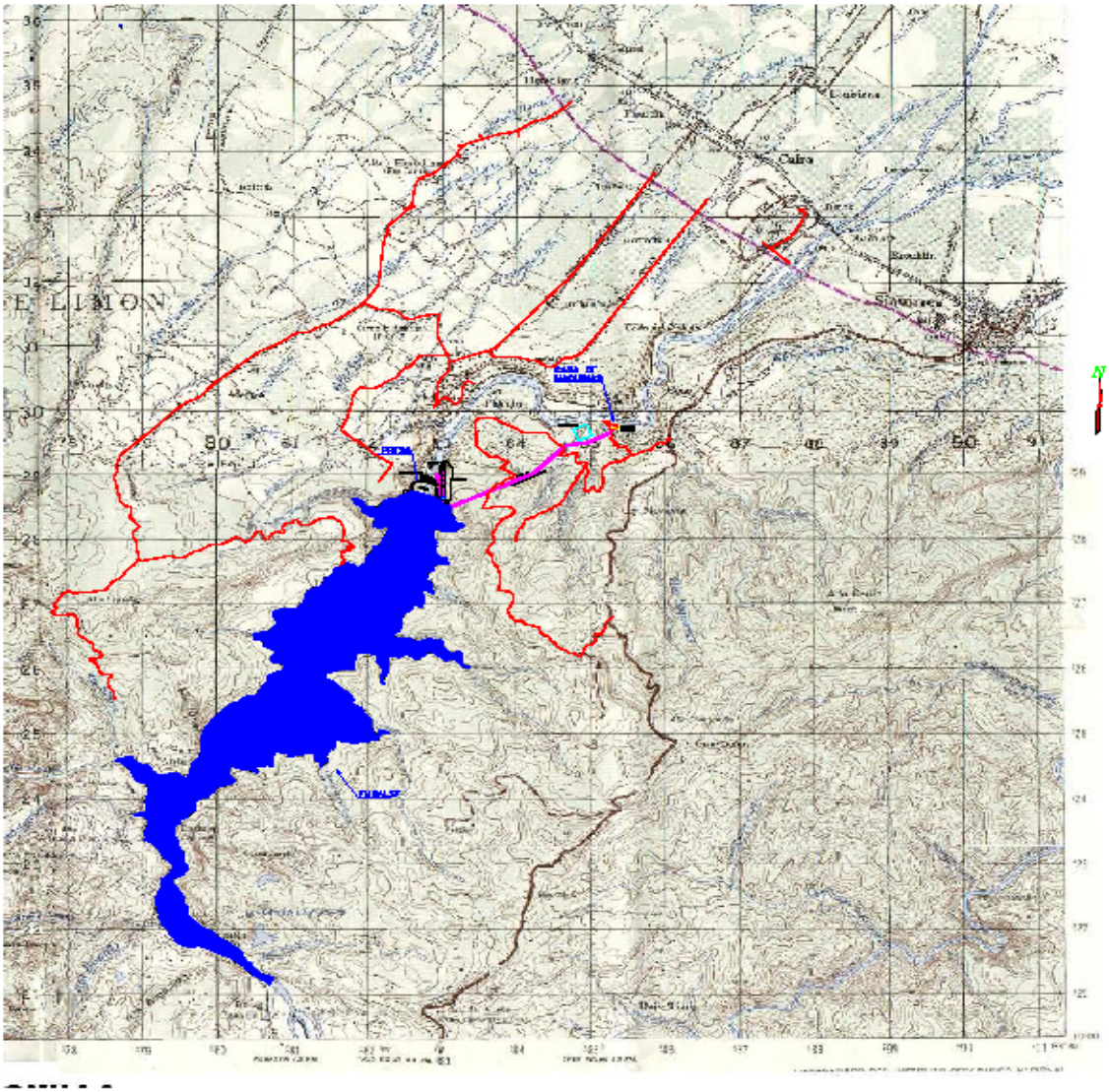
El proyecto se localiza en la Vertiente Caribe, en la cuenca media-baja del río Reventazón, aproximadamente 8 km al suroeste de la ciudad de Siquirres (38 km aguas abajo del sitio de restitución de la casa de máquinas de la Planta Hidroeléctrica Angostura). El proyecto aprovechará el potencial energético de este río entre las cotas 265 y 120 m.s.n.m.

El acceso al sitio de presa del P.H. Reventazón se realiza desde la carretera San José – Limón, frente al cruce de entrada a la comunidad Cairo de Siquirres (7 km antes de la ciudad de Siquirres). El acceso al sitio de casa de máquinas se realiza desde la carretera Siquirres –Turrialba, por la comunidad denominada El Coco.

El área del proyecto se ubica desde el punto de vista político - administrativo, en los distritos La Florida y Siquirres del cantón de Siquirres de la provincia de Limón.

Se enmarca dentro de las coordenadas geográficas de proyección Lambert Norte, este 578 000 a 586 000 y norte 221 000 a 231 000; se le puede localizar dentro de estas coordenadas en la hoja cartográfica Bonilla del Instituto Geográfico Nacional, en escala 1:50 000, como muestra la figura 5.1.a.

Figura 5.1 a
Ubicación Geográfica del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón



Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

Figura 5.1 b
Áreas de influencia social del P.H. Reventazón

Fuente: Centro de Gestión Ambiental (CGA)

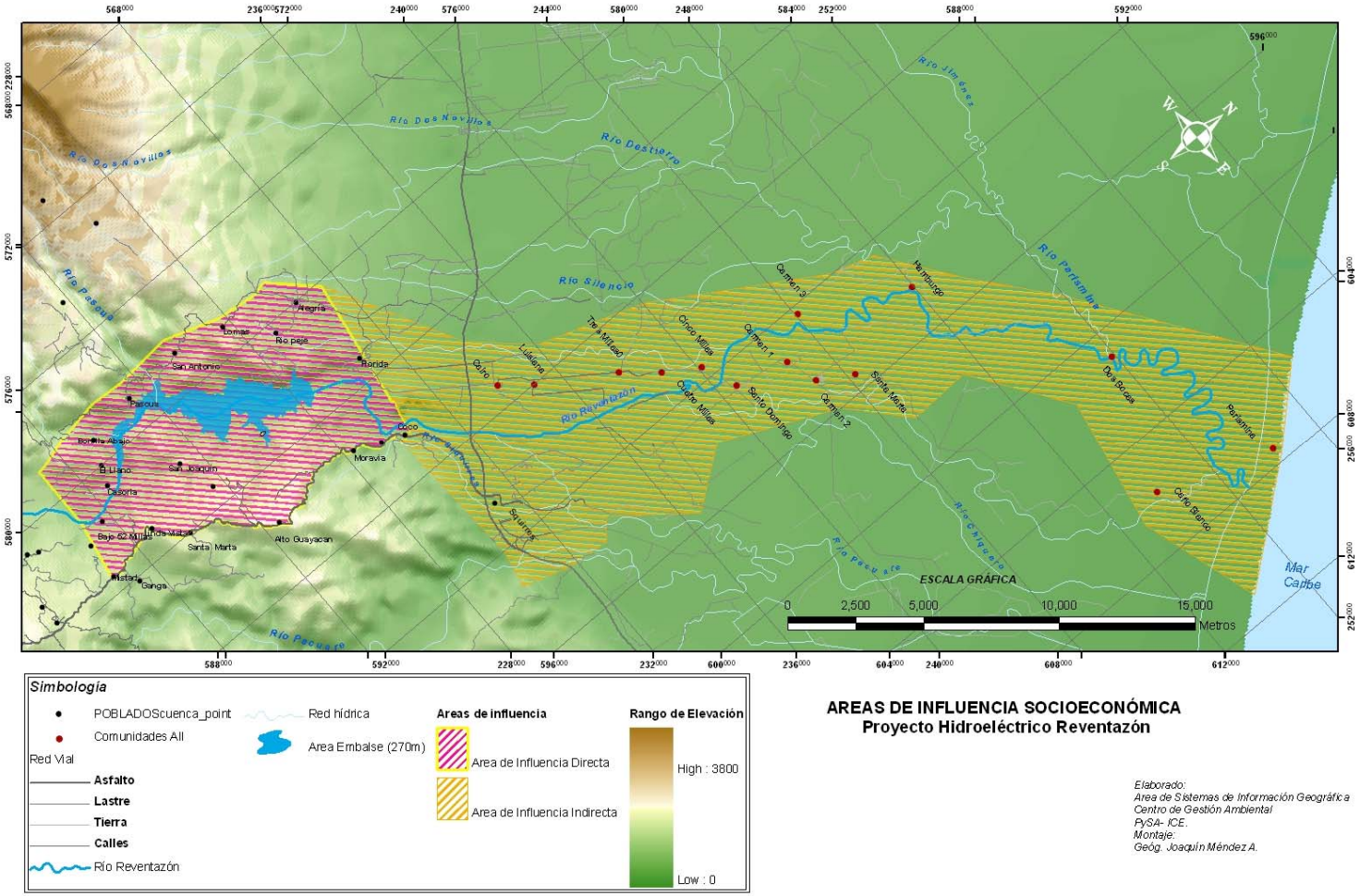
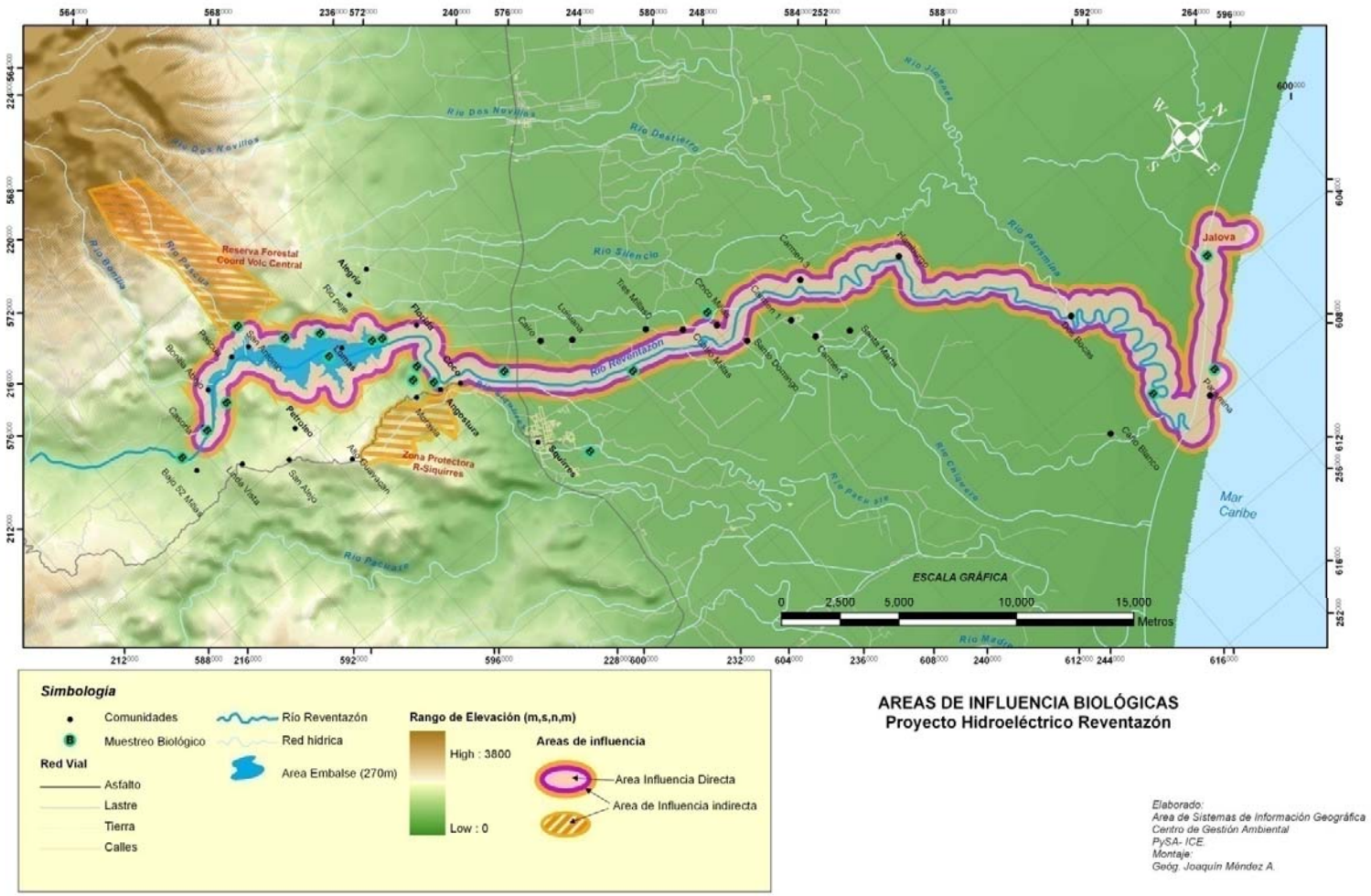


Figura 5.1 c
Áreas de influencia biofísica del P.H. Reventazón

Fuente: Centro de Gestión Ambiental (CGA)



El proyecto aprovecha las aguas que fluyen hacia el río Reventazón. La presa se construirá en un estrechamiento natural del cauce, donde la elevación del lecho del río es aproximadamente 160 m.s.n.m. El área de la cuenca correspondiente es 1739 km^2. La mayoría de las obras del proyecto se localiza en la margen derecha del río (obras de desvío, vertedero, toma de aguas, túnel, tanque de oscilación, tubería forzada, casa de máquinas y subestación).

Las obras principales están localizadas en las coordenadas que se indican en el cuadro 5.1.

Cuadro 5.1
Localización geográfica de las principales obras del P.H. Reventazón

OBRAS	COORDENADAS	
	Este	Norte
Presa	582 800	228 700
Vertedero	583 050	228 650
Toma de aguas	583 075	228 480
Portal del túnel	584 502	229 281
Tanque de oscilación	584 408	229 190
Casa de máquinas	585 350	229 710
Subestación	584 900	229 650
Sitio de préstamo	582 970	229 250
Cauce aguas abajo de la presa	584 260	230 040
Sitio de préstamo	582 745	228 710
Cauce aguas arriba de la presa	580 760	221 255
Escombrera 1	585 200	229 200
Escombrera 2	583 800	230 000
Escombrera 3	583 400	229 400
Escombrera 4	583 800	227 800
Escombrera 5	584 800	226 400
Escombrera 6	582 800	229 200
Escombrera 7	582 400	229 400
Escombrera 8	583 600	229 600
Escombrera 9	584 000	228 500
Escombrera 10	583 700	228 900
Escombrera 11	585 000	230 500
Escombrera 12	583 400	226 800
Escombrera 13	582 400	227 000
Escombrera 14	580 250	225 000
Sitio de acopio 1	582 600	228 500
Sitio de acopio 2	583 400	229 400
Sitio de acopio 3	583 400	230 400

Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

5.2 Justificación técnica del Proyecto y sus opciones

5.2.1 Etapa de identificación

El primer informe técnico del proyecto corresponde a la etapa de identificación presentado por el Proceso de Tecnologías de Generación del Centro Nacional de Planificación Eléctrica (CENPE) en el año 1998. En este informe se desarrolló el esquema del P. H. Reventazón con el embalse a la elevación 380 m.s.n.m., nivel que fue posteriormente modificado por CENPE, debido a los resultados de la investigación geológica preliminar, a una evaluación económica con resultados negativos y a las implicaciones ambientales de reubicación de poblaciones e inundación de humedales.

5.2.2 Etapa de prefactibilidad

La etapa de prefactibilidad, que culminó en el año 2003, fue desarrollada por CENPE basada en la campaña de investigación realizada por Proyectos y Servicios Asociados (PySA). En esta etapa se definió un esquema general del P.H. Reventazón, según un análisis de cadenas de proyectos incluyendo los proyectos Guayabo (en el río Reventazón) y Siquirres (en el río Pacuare, suponiendo un trasvase de aguas entre ambos ríos). Se consideraron distintas combinaciones de los tres proyectos en función de los niveles máximos de los embalses y los niveles de restitución. Las combinaciones consideraron aprovechar al máximo la caída disponible en el tramo energético de las subcuencas. En total se analizaron ocho cadenas de desarrollo por medio de una metodología de análisis multicriterio que considera criterios técnicos, económicos y ambientales. Se esquematizaron cinco opciones con obras únicamente en el río Reventazón; las tres restantes correspondían a un trasvase de aguas entre los ríos Reventazón y Pacuare.

El detalle de las ocho opciones evaluadas en ese momento se muestra en el cuadro 5.2. El valor al lado de cada proyecto corresponde al nivel máximo de operación del embalse, expresado en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Cuadro 5.2
Opciones de proyectos en la cuenca media baja del río Reventazón

1. Opción de proyecto	2. Potencia (MW)		3. Cuenca a utilizar
4. PH Reventazón 320	5. 382		6. Reventazón
7. PH Reventazón 300 – PH Guayabo	8. 341,7	9. 159	10. Reventazón
11. PH Reventazón 280 – PH Guayabo	12. 301,4	13. 188,8	14. Reventazón
15. PH Reventazón 270 – PH Guayabo	16. 288,7	17. 202,2	18. Reventazón
19. PH Reventazón 243 – PH Guayabo	20. 211,5	21. 233,8	22. Reventazón
23. PH Guayabo – PH Siquirres 225	24. 373,3	25. 227	26. Reventazón – Pacuare
27. PH Guayabo – PH Siquirres 200	28. 318	29. 227	30. Reventazón – Pacuare
31. PH Guayabo – PH Siquirres 180	32. 284,7	33. 227	34. Reventazón – Pacuare

Fuente: Proceso de Tecnologías de Generación, CENPE 2003

En la etapa de prefactibilidad se consideraron presas de tres tipos para el P.H. Reventazón: enrocamiento con núcleo de arcilla (ECRD – earth core rockfill dam), enrocamiento con cara de concreto (CFRD – concrete face rockfill dam) y concreto compactado con rodillo (RCC – roller compacted concrete).

Se encontró que el rango óptimo del embalse del PH Reventazón está entre las cotas 260 y 280 m.s.n.m., con el óptimo puntual en la elevación 270 m.s.n.m. En un análisis de mayor detalle dentro del rango óptimo de elevaciones, se observó que al fijar el nivel máximo de operación a la elevación 275 m.s.n.m. se obtiene una mayor generación y una mayor regulación del río, al incrementar la energía firme en 68 GWh anuales.

La recomendación final de la etapa de prefactibilidad fue que la presa, que es la obra más costosa del proyecto, sea de tipo RCC, con el nivel máximo de operación del embalse en la cota 275 m.s.n.m., ubicada en la elevación del lecho del río de 160 m.s.n.m. El embalse útil de 97 hm^3, quedó comprendido en una oscilación de 15 m entre las cotas 275 m.s.n.m. y 260 m.s.n.m. El caudal de diseño de la planta quedó en 222 m^3/s. La potencia instalada era de 285,5 MW para tres turbinas Francis, con una caída neta disponible de 145,4 m.s.n.m.

5.2.3 Etapa de factibilidad

La investigación geológico – geotécnica de la etapa de factibilidad mostró condiciones de fundación para la presa de menor calidad que las supuestas en la prefactibilidad, lo cual hizo necesaria una excavación mayor para la fundación de la presa RCC. Además, una actualización de los costos del RCC señaló valores sensiblemente más altos. Las circunstancias anteriores hicieron necesario revisar la definición del tipo y altura de la presa. Ligado a esto se hizo necesario revisar también el caudal de diseño de la central y la potencia instalada.

Inicialmente, se partió de la presa con cota de embalse a la 275 m.s.n.m., que había sido establecido en la etapa de prefactibilidad. Se definió el arreglo del sitio de presa para tres tipos de presa: concreto compactado con rodillo, enrocamiento con cara de concreto y enrocamiento con núcleo de arcilla. El esquema del sitio incluyó el vertedero y el sistema de desvío, porque estas obras dependen del tipo de presa.

Para la presa de RCC se revisó un primer arreglo con una excavación general de 20 m, según la recomendación del Informe de Prefactibilidad. El nivel de fundación es la cota 140 m.s.n.m., se remueve el estrato de aluviones y los primeros metros del conglomerado. Este nivel de fundación resultó inadecuado por las debilidades que representan los lentes de arenisca y la capa de toba limosa; la sección central de la presa mostró problemas de estabilidad de deslizamiento. Por lo tanto, debió hacerse una sustitución profunda de los conglomerados que se localizan bajo el lecho del río, fundando la presa en lavas a la cota 100 m.s.n.m. Este segundo arreglo resultó muy caro y, sumado a las características de roca blanda en los estribos, la presa de RCC perdió competitividad técnica y económica respecto a los otros tipos de presa.

Para el conjunto presa-vertedero-desvío, el arreglo con la presa CFRD resultó ser el de menor costo de los tres, como se muestra en el siguiente cuadro. El esquema con presa RCC fue un 24% más costoso, y el esquema con presa ECRD un 54% más costoso.

Cuadro 5.3
Costo del conjunto presa-vertedero-desvío en millones de dólares
(cota máxima operación 275 m.s.n.m.)

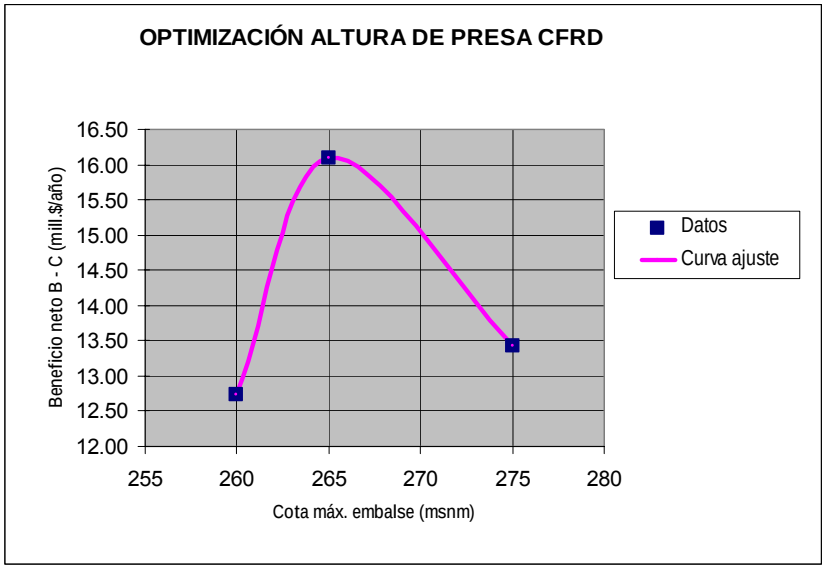
TIPO PRESA	**RCC**		**CFRD**		**ECRD**	
RUBRO						
Presa	3,91 hm^3	334,69	7,95 hm^3	159,09	12,9 hm^3	221,36
Vertedero	incorporado	22,65	lateral	104,39	Lateral	189,33
Obras desvío	alcantarilla 155m	15,17	Túneles 1866m	36,23	Túneles 2400m	50,91
Costo total		**372,51**		**299,70**		**461,6**
Costo Relativo		**1,24**		**1,00**		**1,54**

Fuente: Elaboración propia Ing. Eugenia Gutiérrez

Como el arreglo general de sitio de presa resultó más costoso que en la etapa de pre-factibilidad, fue necesario revisar la altura óptima de la presa. Las evaluaciones de pre-factibilidad mostraron que el nivel recomendable del embalse debía estar en el rango de 260 a 275 m.s.n.m., y el incremento en los costos sugería que el nivel óptimo debía ser menor a la cota 275 m.s.n.m. Se estudiaron, entonces, las elevaciones de embalse 260, 265 y 275 m.s.n.m. para la presa CFRD. Para el nivel de fundación de la presa se consideró excavar 8 m bajo el lecho del río en la zona central y 5 m en las laderas (perpendicular al terreno); la zona del plinto consideró 7 m adicionales de excavación.

La altura óptima de la presa se escogió de acuerdo al criterio del mayor beneficio neto anual, o beneficio anual menos costo anual. Para cada una de las tres alturas citadas, se debió estimar tanto los costos de las obras del proyecto, como los beneficios provenientes de la generación de energía. De esta manera, la altura de la presa se estableció para el nivel máximo de operación del embalse en la cota 265 m.s.n.m. y la cresta en la elevación 270 m.s.n.m. La figura 5.2 muestra la curva obtenida.

Figura 5. 2
Optimización de la altura de presa

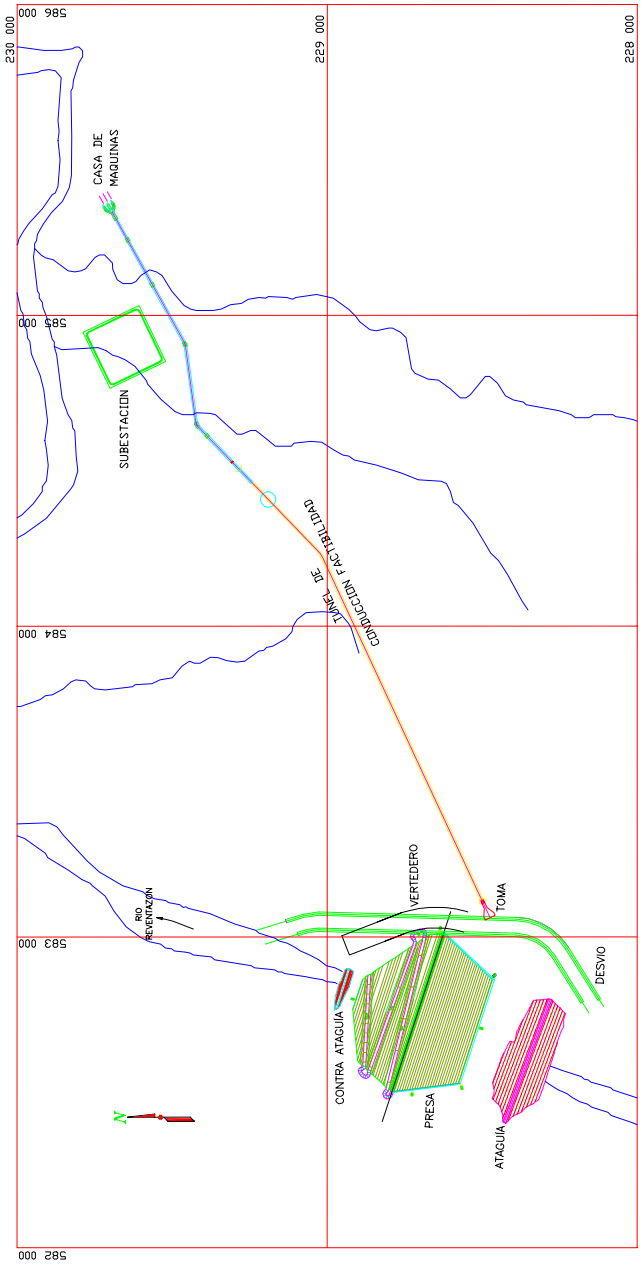


Fuente: Elaboración propia Ing. Eugenia Gutiérrez

5.3 Descripción general del Proyecto

La figura 5.3 muestra la planta general del proyecto, según el avance del diseño a febrero del 2008. Los sitios de presa, casa de máquinas y subestación coinciden con los sitios mencionados en el Informe de Avance a la Factibilidad de agosto del 2006. La ruta de la conducción también coincide, pero una optimización hizo que el portal del túnel se corriera hacia aguas arriba, de manera que aunque la longitud total de la conducción es la misma, la longitud del túnel disminuyó y la longitud de la tubería forzada aumentó.

Figura 5.3
Planta general del P.H. Reventazón



Fuente: Informe al consultor sitio presa P.H.Reventazón (febrero 2008)

La presa es de enrocado con pantalla de concreto (CFRD, por sus siglas en inglés). Tiene un volumen de 9,85 hm^3, creando un embalse de regulación bimensual de 118,5 hm^3 útiles; opera entre las cotas 245 m.s.n.m. y 265 m.s.n.m.

El caudal de diseño de la toma de aguas y estructuras de conducción es de 240 m^3/s. La conducción consta de un túnel de 1600 m de longitud y 8,8 m de diámetro; un tanque de oscilación de orificio restringido de 51 m de altura y 27,0 m de diámetro; una tubería de presión de 973 m de longitud y diámetro variable (8,6 m a 8,4 m).

Finalmente, se tiene una casa de máquinas que alberga tres unidades turbogeneradoras tipo Francis, con una capacidad total de 285,6 MW. La caída neta disponible en la entrada de las turbinas es de 133,2 m para el caudal nominal. El agua es restituida al río Reventazón en la margen derecha en la cota 120 m.s.n.m.

El proyecto también considera una minicentral a ubicarse al pie de presa y aprovecha la descarga de los 14,9 m^3/s correspondientes al caudal de compensación del río. La capacidad nominal de esta minicentral al pie de presa es de 13,3 MW. La caída neta es de 101,1 m y las aguas se restituyen a la cota 156 m.s.n.m.

El cuadro 5.4 presenta las características más importantes del proyecto.

Cuadro 5.4
Ficha Técnica del P.H. Reventazón
Febrero 2008

CARACTERISTICA	CANTIDAD	UNIDAD
Datos generales		
Río aprovechado	Reventazón	
Area de la cuenca	1739	Km^2
Caudal medio anual	149,2	m^3/s
Caudal de diseño	240,0	m^3/s
Caudal de compensación	14,9	m^3/s
Sitio de presa		
Tipo de presa	CFRD	
Dimensiones presa (altura x long cresta)	125 x 535	m
Volumen relleno presa	9,85	mill de m^3
Volumen excavación fundación presa	7,07	mill de m^3
Nivel máximo de operación	265,0	msnm
Volúmen útil embalse	118,5	mill de m^3
Tipo de vertedero	4 compuertas radiales y patín	
Volumen excavación vertedero	5,22	mill de m^3
Conducciones		
Túnel (diámetro x longitud)	8,8 x 1600	m
Tanque de oscilación (diámetro x altura)	27,0 x 51,0	m
Tubería forzada (diámetro x long)	8,6 - 8,4 x 973	m
Longitud total conducción	2573	m
Sistema de generación		
Casa de máquinas	Superficial	
Número y tipo de unidades	3 Francis de 95,2 MW	
Caída neta nominal	133,2	m
Potencia instalada (+ minicentral)	285,6 + 13,3 = 298,9	MW
Generación promedio anual (incluye minicentral)	1517.6	GWh
Nota: información preliminar, proyecto en estudio.		

Fuente: Elaborado por Ing. Eugenia Gutiérrez

El Plan de Expansión de la Generación del Sistema Nacional Interconectado de Costa Rica contempla la entrada en operación del P.H. Reventazón en el año 2014, según se aprecia en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.5
Plan de Expansión de la Generación

	DEMANDA					OFERTA
Año	Energía (GWh)	Crecim. (%)	Pot. (MW)	Crecim. (%)	Mes	Proyectos de Generación
2007	9338	6.97	1551	9.3	9	P.H. Cariblanco (80 MW)
					8	PH Canalete (CoopeGuanac) (17.5MW)
					12	Ingenios (20MW)
2008	10053	7.65	1643	5.9	2	Alquiler (200MW)
					6	P.H. El Encanto (CNFL) (8.3 MW)
					6	P.H. Pocosol (Conelectricas) (26.0 MW)
					12	Ingenios (25MW)
2009	10786	7.30	1742	6.0	4	Ingenios Bunker (1/2 Abril - Diciembre)
					5	Compra Pujol (24MW)
					7	BOT Eólico (50 MW)
2010	11386	5.56	1837	5.5	1	Alquiler (-200MW)
					1	PT MMV (1 x 80MW)
					1	Garabito MMV (1 x 200MW)
					6	P.H. Pirrís (128 MW)
					6	P.H. Toro3 (50 MW)
2011	11509	1.08	1932	5.2	1	P.G. Las Pailas (1 x 35 MW)
2012	12106	5.19	2032	5.2	1	Retiro Colima + Moín Pistón (-40MW)
					1	Colima Nuevo (30MW)
2013	12737	5.21	2138	5.2	1	BOT Hidro 2013 (100MW)
					1	P.E. Proyecto 1 (50 MW)
2014	13402	5.22	2250	5.2	1	P.H. Reventazón (300 MW)
					1	P.E. Proyecto 2 (50 MW)
2015	14105	5.2	2368	5.2	1	Modernización San Antonio (34MW)
					1	Proyecto Hidros 1-2 (50MW c/u)
2016	14847	5.3	2492	5.2	1	P.H. Diquís (622 MW)
					1	Modernización Barranca (36MW)
2017	15631	5.3	2624	5.3		
2018	16458	5.3	2763	5.3		
2019	17333	5.3	2910	5.3	1	P.H. Pacuare (158 MW)
2020	18257	5.3	3065	5.3	1	P.H. Savegre (200 MW)
2021	19221	5.3	3227	5.3	1	Geo Proyectos 1-2 (70MW)
					1	P.E. Proyecto 3 (50 MW)

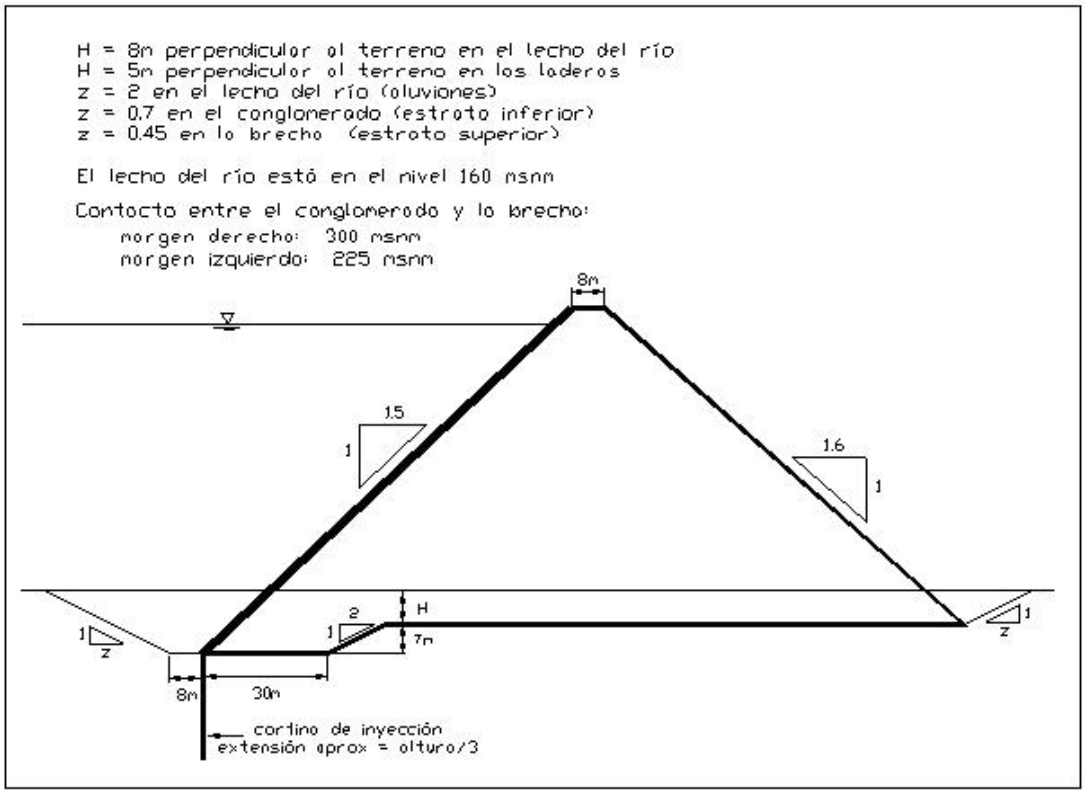
5.3.1 Presa

La presa es de tipo enrocado con cara de concreto (CFRD). La cresta de la presa está a la elevación 270 m.s.n.m. y el nivel máximo normal de operación del embalse es la cota 265 m.s.n.m. La altura máxima de la presa es 125 m, incluyendo la fundación. La longitud de cresta es 535 m.

Para estos cálculos, la excavación para la fundación de la presa CFRD se basó en las recomendaciones geotécnicas resumidas en la figura 5.4, a saber:

ancho de cresta de la presa: 8 m
talud aguas abajo: 1,6H:1V
talud aguas arriba: 1,5H:1V
desplante en el lecho del río: 8 m
desplante en las laderas: 5 m
desplante adicional en la zona del plinto: 7 m

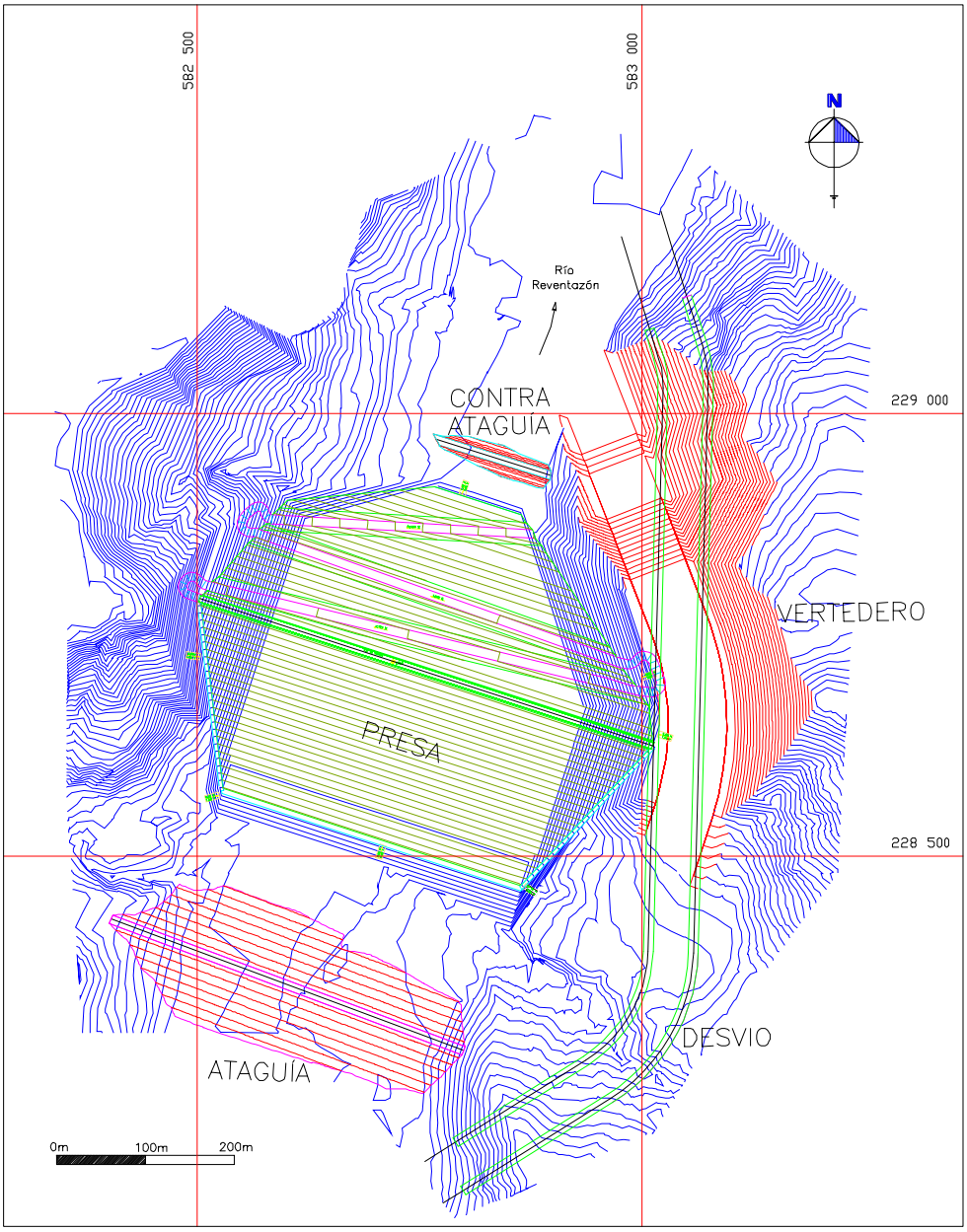
Figura 5. 4
Recomendaciones geotécnicas para la presa de enrocamiento con cara de concreto (CFRD)



Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

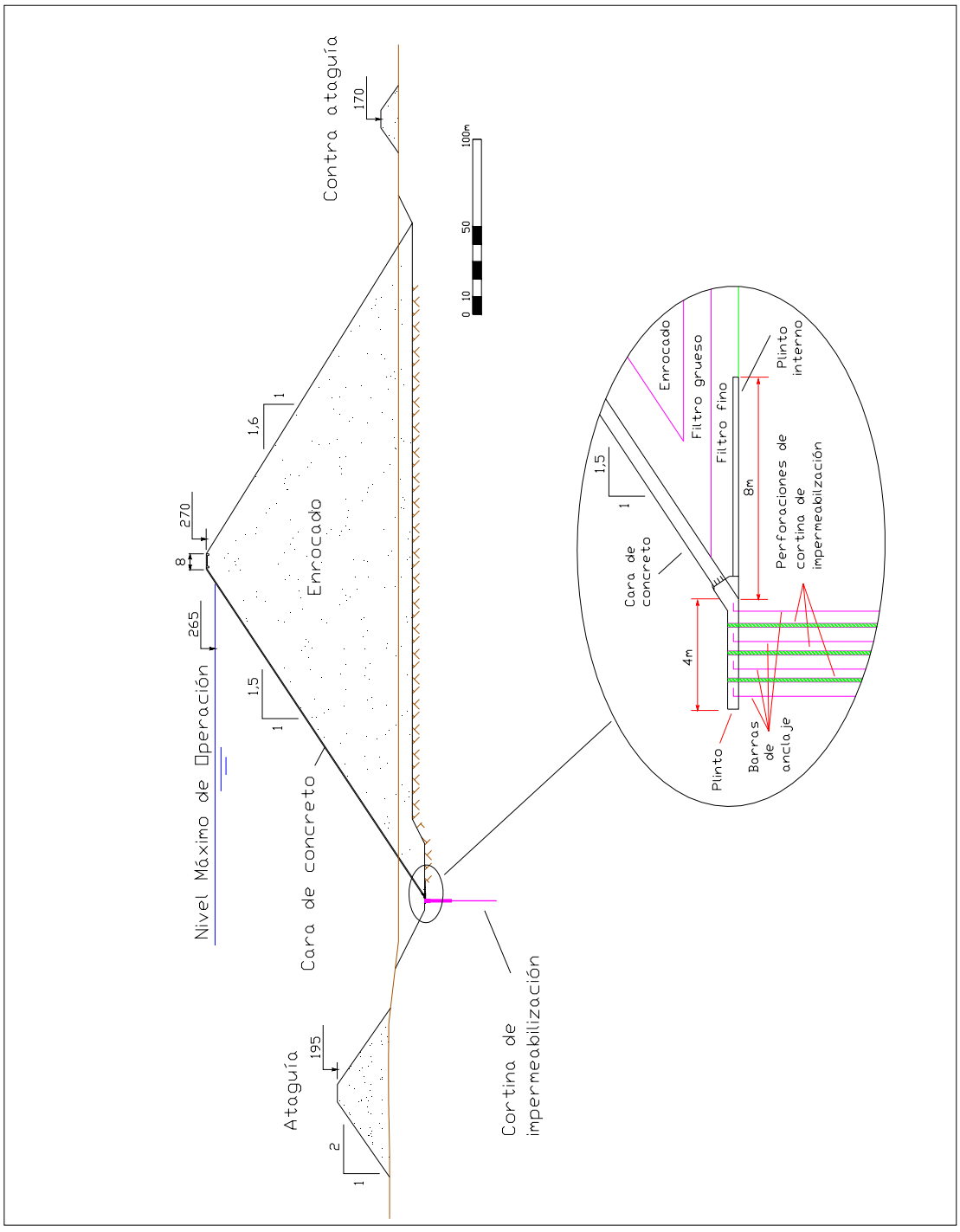
La planta del esquema finalmente escogido para el sitio de presa se muestra en la figura . 5.5. En la figura 5.6 se muestra una sección longitudinal por el eje del río, donde se aprecian las secciones transversales de la presa, la ataguía y la contra ataguía.

Figura 5.5
Esquema en Planta de las obras de sitio de presa



Fuente: Informe al consultor sitio presa P.H. Reventazón (febrero 2008)

Figura 5.6
Sección típica de la presa de enrocamiento con cara de concreto



Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

5.3.1.1 Cara de concreto

La barrera impermeable de la presa la constituye la cara de concreto ubicada en el talud de aguas arriba. La cara de concreto está compuesta por una losa de espesor variable, que va desde la cresta de la presa hasta el nivel de fundación, donde se encuentra el plinto. El plinto es una losa perimetral donde se apoya la cara de concreto en la fundación. La losa de la cara, a su vez, está conformada por una especie de baldosas conjuntas verticales entre ellas.

El plinto es el elemento de conexión entre la losa de la cara y la roca de fundación donde se ubica la cortina de inyecciones. De esta manera, se forma la barrera impermeable, compuesta por la losa de concreto del talud, conectada con la cortina de impermeabilización en el lecho y en los estribos.

Preliminarmente, el plinto se dimensionó como una losa de 4 m de ancho y 0,4 m de espesor, en la sección máxima de la presa. Esta losa está conectada a la fundación con barras de anclaje. Debajo de ella, se forma la cortina de impermeabilización con tres filas de perforaciones. Para efectos de presupuesto, a la fila central se le supuso una longitud de un tercio de la carga de agua, esto es, unos 40 m, las perforaciones de las filas laterales se tomaron de 15 m de longitud. El plinto tiene una continuación bajo el enrocado de la presa, llamado plinto interno, constituido por una especie de losa de concreto lanzado, que se estableció en 8 m de ancho en la sección máxima. Estos detalles se muestran en la figura 5.6.

Como consecuencia de la configuración topográfica de la margen izquierda, en ese estribo de la presa hay unas baldosas que no salen desde la cresta de ella, sino del macizo, según se aprecia en la figura 5.5. Este aspecto debe resolverse en un diseño de más detalle de la presa.

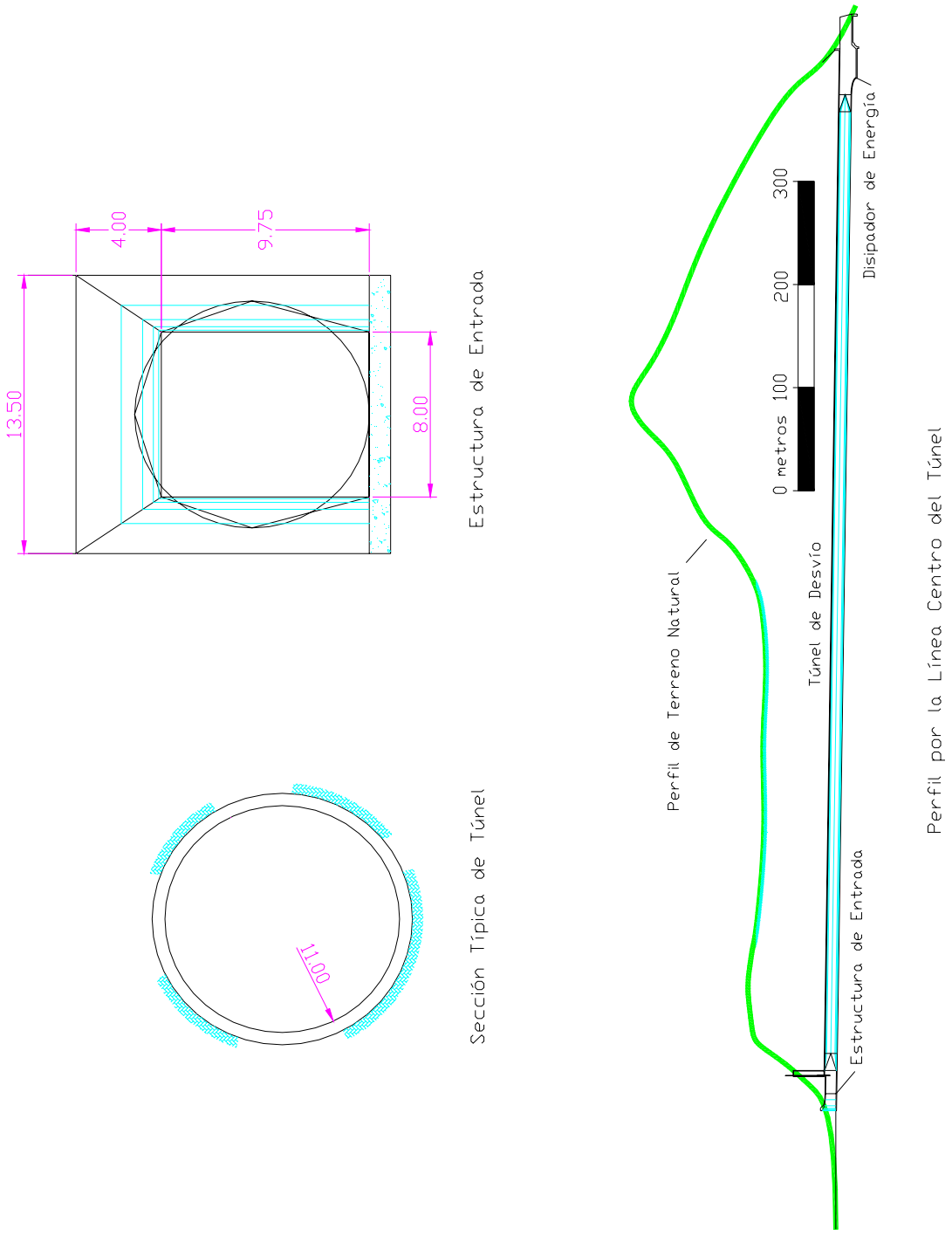
5.3.2 Desvío del río

Por tratarse de una presa de enrocado, el desvío del río se debió planear a través de túneles. La margen derecha resultó más adecuada por producir la menor longitud de los túneles. Los datos generales del sistema de desvío adoptado son:

Caudal de diseño: 2700 m^3/s
Periodo de retorno del caudal de diseño: 50 años
El desvío se hace por dos túneles ubicados en la margen derecha
Diámetro interno: 11,0 m
Longitud promedio: 910 m
Pendiente de fondo: 1%
Velocidad media para el caudal de diseño: 14,2 m/s
Disipador de energía a la salida de los túneles: tipo I del USBR
Ataguía de aguas arriba de enrocado con cresta a elevación 195 m.s.n.m.
Contra ataguía de aguas abajo de enrocado con cresta a elevación 170 m.s.n.m.
Elevación natural del lecho del río: 160 msnm
Elevación del piso a la entrada de los túneles: 165 m.s.n.m.
Inclinación de los taludes de las ataguías: 2,0 H a 1,0 V en ambas caras

El esquema general del desvío se muestra en planta y perfil en las figuras 5.5 y 5.7 respectivamente.

Figura 5.7
Túnel de desvío



Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

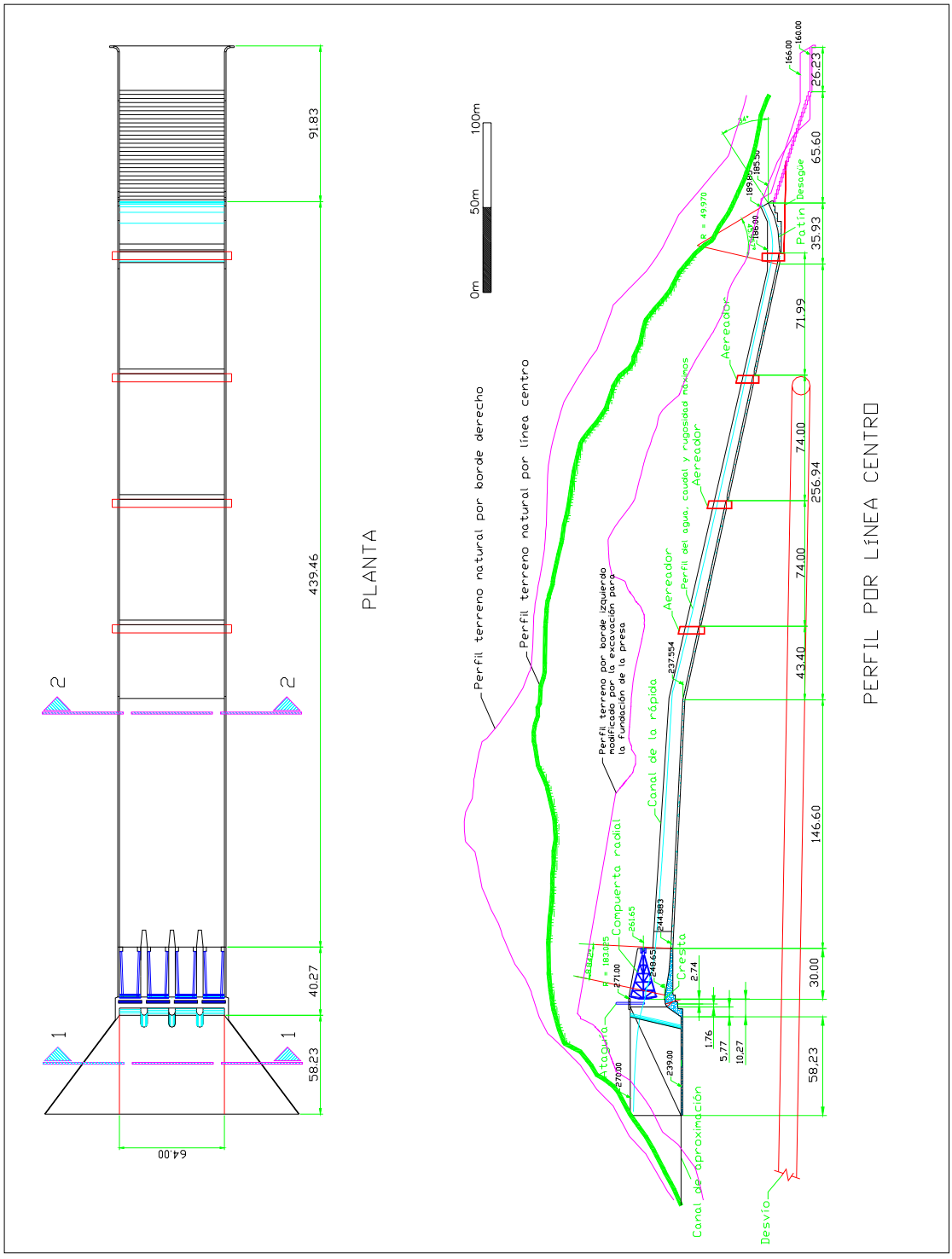
5.3.3 Vertedero

Los datos generales del vertedero son:

cuatro compuertas radiales de 13,0 m x 17,3 m (ancho x alto)
elevación de la cresta del vertedero: 248,65 m.s.n.m.
ancho de pilas: 4 m
ancho del canal: 64 m
longitud del canal de aproximación: 110 m
radio de curvatura del canal de aproximación: 200 m
elevación del piso del canal de aproximación: 239,00 m.s.n.m.
talud del paramento aguas arriba de la cresta del vertedero: 2H:3V
longitud del canal de descarga: 403 m
altura de muros del canal de descarga: 11 a 5 m
pendiente de fondo del canal de descarga: 5 y 22%
el salto de esquí tiene un radio de 49,97 m, un ángulo de disparo de 33º y una cota de disparo de 185,50 msnm
la rápida posee cuatro aereadores de 24 m^2 cada uno, el último de los cuales funciona como desagüe del salto de esquí
el vertedero se diseñó para una avenida en el río de 11379 m^3/s (período de retorno de 10 000 años, al límite superior del intervalo de confianza del 90%)
caudal en vertedero: 9893 m^3/s (amortiguado por el embalse)
borde libre: 1,10 m
caudal específico: 155 m^3/s / m
el vertedero se revisó con una compuerta fuera de servicio para una avenida en el río de 8592 m^3/s (período de retorno de 10 000 años)
caudal en vertedero: 7247 m^3/s (amortiguado por el embalse)
borde libre: 0,87 m
velocidad en el canal de aproximación para un caudal con un período de retorno de 2000 años: 3,75 m/s 6154 m^3/s)
el caudal producido por la apertura accidental de una compuerta, con el embalse en el nivel máximo de operación, tiene un período de retorno de aproximadamente 20 años

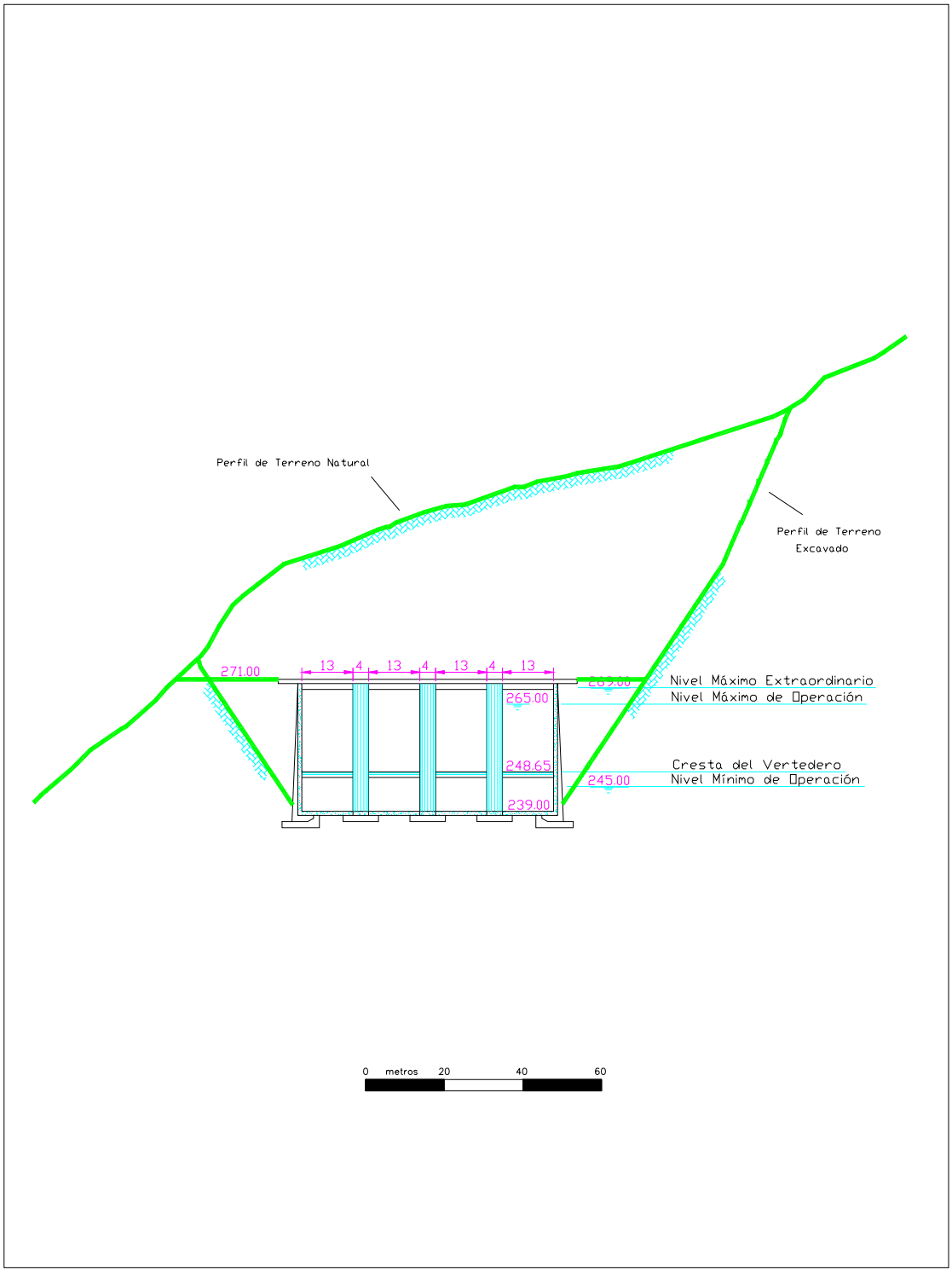
Las figuras 5.8, 5. 9 y 5.10 muestran las características principales del vertedero.

Figura 5.8
Vertedero-Planta y Perfil por Línea Centro



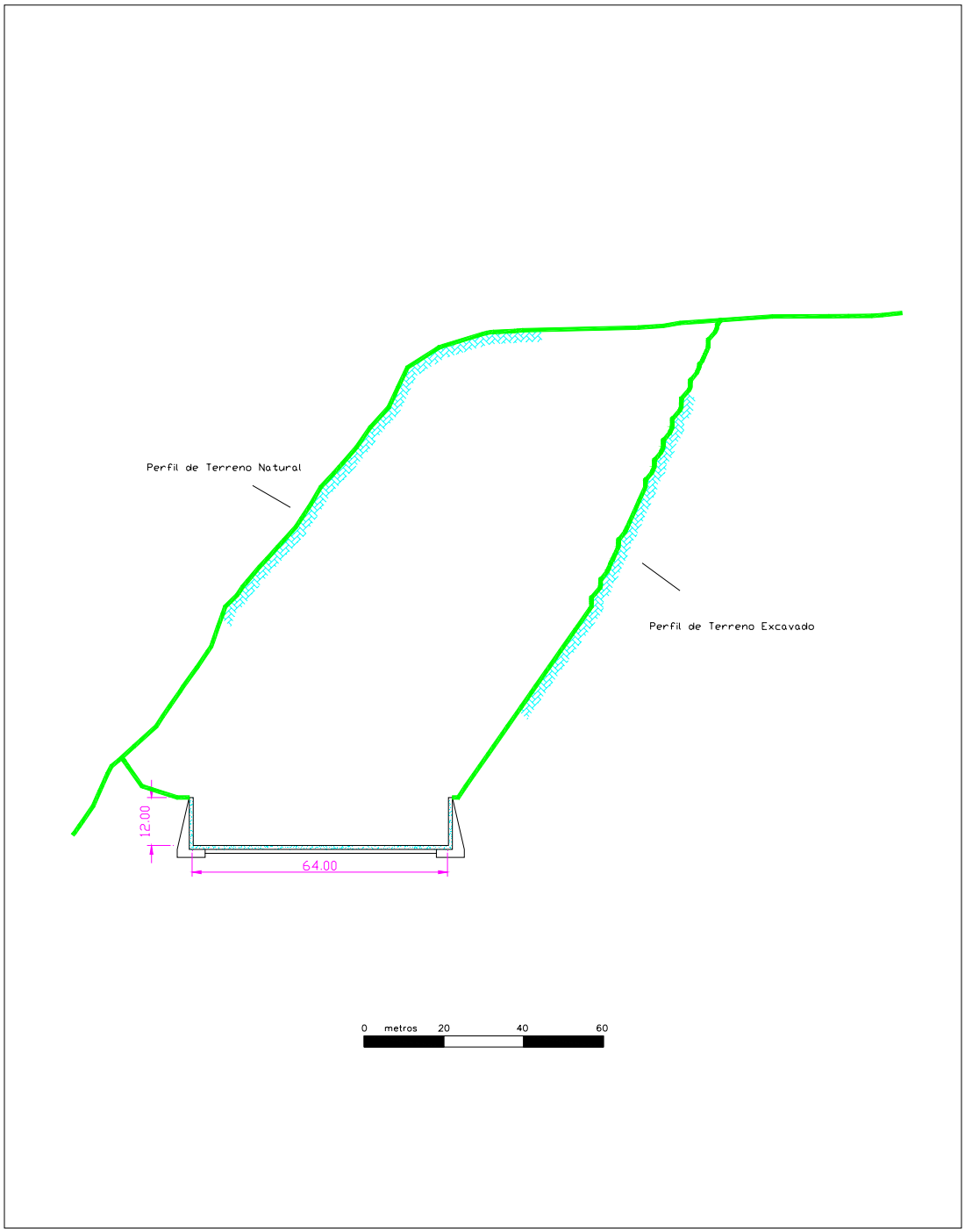
Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

Figura 5.9
Sección 1-1 del Vertedero de Excedencias



Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

Figura 5.10
Sección 2-2 del Vertedero de Excedencias



Fuente: Informe de Avance a la Factibilidad del Proyecto Reventazón (2006)

5.3.3.1 Cuenco de socavación del chorro del vertedero

El agua del vertedero desciende por la rápida y es expulsada por el patín (salto de esquí) al final de la misma, a la elevación 185,5 m.s.n.m. El lecho del río se ubica originalmente a la elevación 160 m.s.n.m. y el chorro lo impacta a una distancia de 86 m más allá del borde del patín, para el caudal máximo del vertedero (11400 m^3/s). Ello produce un cuenco de socavación que, para dicho caudal, posee las siguientes características geométricas (las distancias son respecto al borde final del patín expulsor):

Distancia de la profundidad máxima: 86 m
Profundidad máxima del cuenco: 33 m
Elevación de la profundidad máxima: 127 m.s.n.m.
Distancia mínima al cuenco: 40 m
Distancia máxima al cuenco: 178 m
Longitud del cuenco: 138 m

5.4 Concordancia con el plan de uso de la tierra

SIQUIRRES

MUNICIPALIDAD DE SIQUIRRES

PLAN REGULADOR DE SIQUIRRES

Teléfonos 27-68-84-85/27-68-62-66/27-68-7782 Ext. 123

SIQUIRRES

Siquirres, 30 de julio del 2008
PRS-32-08

Ing. Jorge E. Valverde Barrantes, Director
Dora Carías Vega, MSc. Economía del Desarrollo
Centro de Gestión Ambiental / UEN PySA
I.C.E.

Estimados señores (as):

Mediante solicitud hecha en su oficio Nº4501-0052-2008, del Centro de Gestión Ambiental/UEN PySA a este departamento; me remito informarle que la Municipalidad de Siquirres está desarrollando el **"Proyecto del Plan Regulador de Siquirres"**, el cual consta de cuatro etapas; este, se encuentra en el arranque de la segunda fase llamada Pronostico – Propuestas; por lo tanto el proyecto no ha concluido en su totalidad.

Para efectos de su gestión les informamos a su representada que todavía no existe un Plan Regulador vigente en el Distrito 04 del Cantón de Siquirres.

No obstante esperamos que para el año 2009, el mismo esté aprobado para su ejecución. Por encontrarse en un proceso y estar en una etapa de Proyecto, no es factible emitir copias de los diagnósticos o estudios realizados hasta fecha. En el momento que el Proyecto del Plan Regulador se dé por finalizado y se den los vistos buenos por parte de los entes correspondientes, los documentos emitidos estarán a disposición de todos nuestros contribuyentes.

Con el fin de de estar a su completa disposición y solventar cualquier inquietud en referencia al proyecto, nuestra oficina cuenta con el siguiente correo planreguladorsiquirres@gmail.com, o en su defecto puede contactar al señor Omar Arrieta, Coordinador del Proyecto del Plan Regulador, representante de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional al teléfono 22-77-32-03, contratado por esta Municipalidad para tal efecto.

Sin otro particular se suscribe.

Atentamente,

Karenth O'connor H.
Secretaria, Plan Regulador Siquirres

MUNICIPALIDAD DE SIQUIRRES
Comisión Plan Regulador De Siquirres.
Promoviendo el Desarrollo del Cantón

C.c. Archivo

5.5 Área estimada del proyecto y área de influencia

El área del proyecto es de 11 kms^2. El área de influencia directa del proyecto es de aproximadamente 28 kms^2.

5.5.1 Áreas de influencia

Las áreas de influencia del proyecto fueron definidas desde el punto de vista biofísico y socioeconómico.

Desde el punto de vista biofísico, los criterios para definir el área de influencia fueron:

El Área del Proyecto (AP), localizada en el pie de monte del flanco oriental de la Cordillera Volcánica Central en la región Caribe, se ubica dentro de los límites del Área de Conservación Amistad Caribe y no ostenta ninguna categoría especial de conservación, fuera de lo que implican las zonas de protección de ribera.

El Área de Influencia Directa (AID), que se extiende desde 500 m aguas arriba de la cola del embalse, ubicado al nivel del poblado de Casorla, y 500 m en ambas márgenes del futuro embalse hasta el sitio de presa, así como 500 m en ambas márgenes aguas abajo hasta la desembocadura del Parismina y en la zona de los canales hasta el límite del Parque Nacional Tortuguero en Laguna Jalova, incluye terrenos de las Áreas de Conservación Amistad Caribe (ACAC), Cordillera Volcánica Central (ACCVC) y Área de Conservación Tortuguero (ACTo).

El Área de Influencia Indirecta (AII) incluye también terrenos del ACCVC, entre ellos una sección de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central y una sección de la zona protectora del Río Siquirres, en la margen derecha, que está en territorio del Área de Conservación Amistad Caribe. El Sector Jalova del Parque Nacional Tortuguero (ACTo) se ubica en el área de influencia indirecta.

Para el Sitio de préstamo

El Área de Influencia Directa (AID), que se extiende desde el Sitio de Presa para el P.H. Reventazón, hasta la confluencia del Río Reventazón con el Río Peje, incluye el Cauce del Río, una franja de 50 m en la margen izquierda y en la margen derecha 500 m alrededor del AP hasta la confluencia con la quebrada Guayacán, de ahí, aguas abajo, se incluye también en la AID una franja de 50 m en la margen derecha hasta Hamburgo.

El Área de Influencia Indirecta (AII) incluye el resto del cauce hasta su desembocadura en los canales y la prolongación de la pluma hasta el mar Caribe.

Desde el punto de vista socioeconómico, los criterios para definir las áreas de influencia fueron los que se detallan a continuación.

Área de influencia directa: El área de influencia directa del proyecto se definió basándose en la proximidad a las diferentes obras del proyecto. La unidad básica de análisis fue la comunidad o poblado, y los poblados más cercanos a las obras se definieron como área de influencia directa. Las propiedades afectadas por las diferentes obras también se utilizaron como unidad de análisis, pero siempre se estudió su relación con la unidad básica de 'comunidad'.

Área de influencia indirecta: El área de influencia indirecta del proyecto se definió basándose en la afectación más prominente que se daría durante la operación del proyecto: cambios en la hidrodinámica del río. Este cambio en la hidrodinámica causaría impactos **indirectos o secundarios** (negativos y positivos) sobre las actividades productivas y reproductivas de los poblados aguas abajo de la restitución del agua utilizada por el proyecto al río. Por lo tanto, estos poblados se definieron como área de influencia indirecta.

Figura 5.11
Área de influencia biofísica

Fuente: Centro de Gestión Ambiental (CGA)

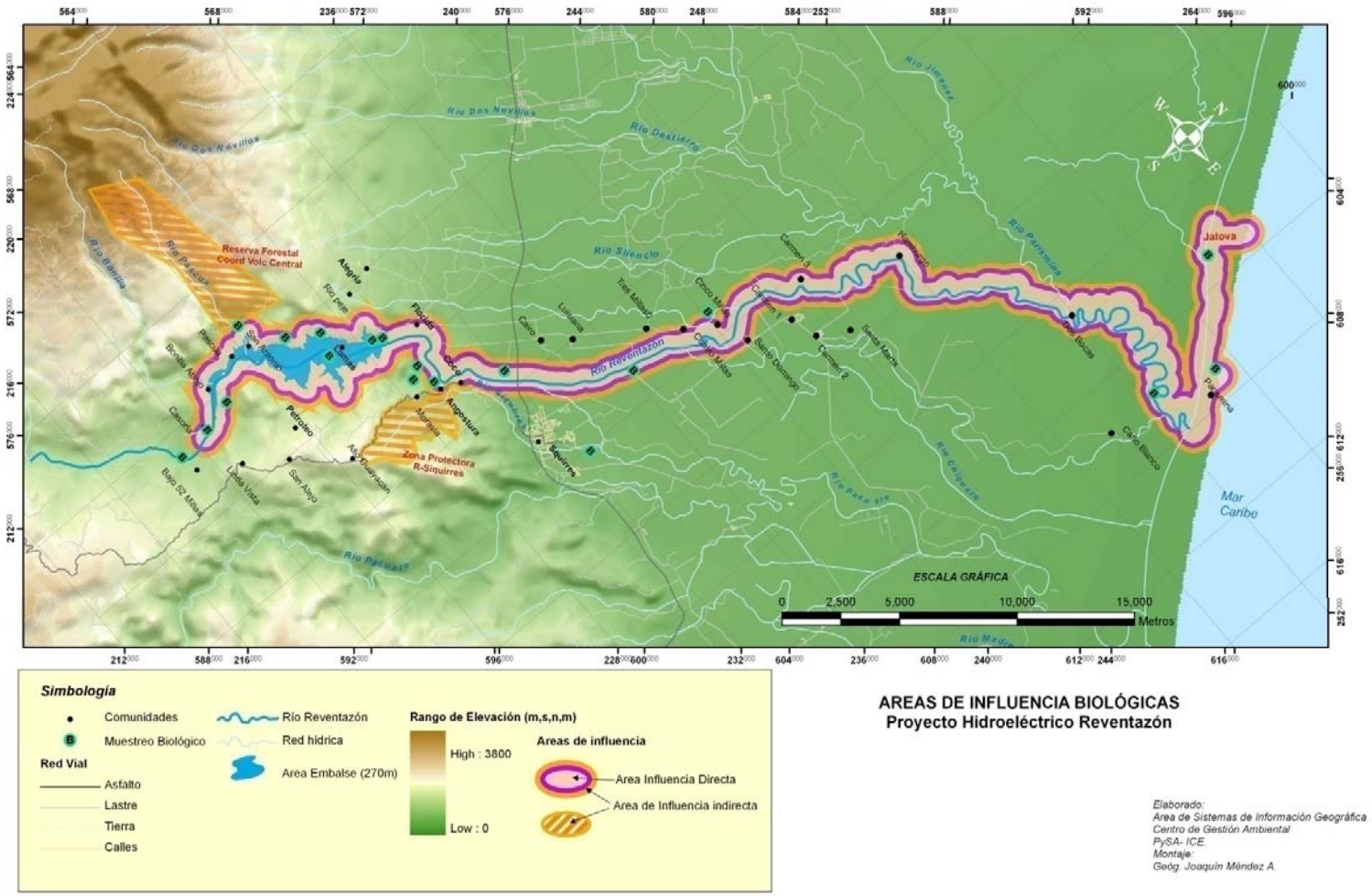
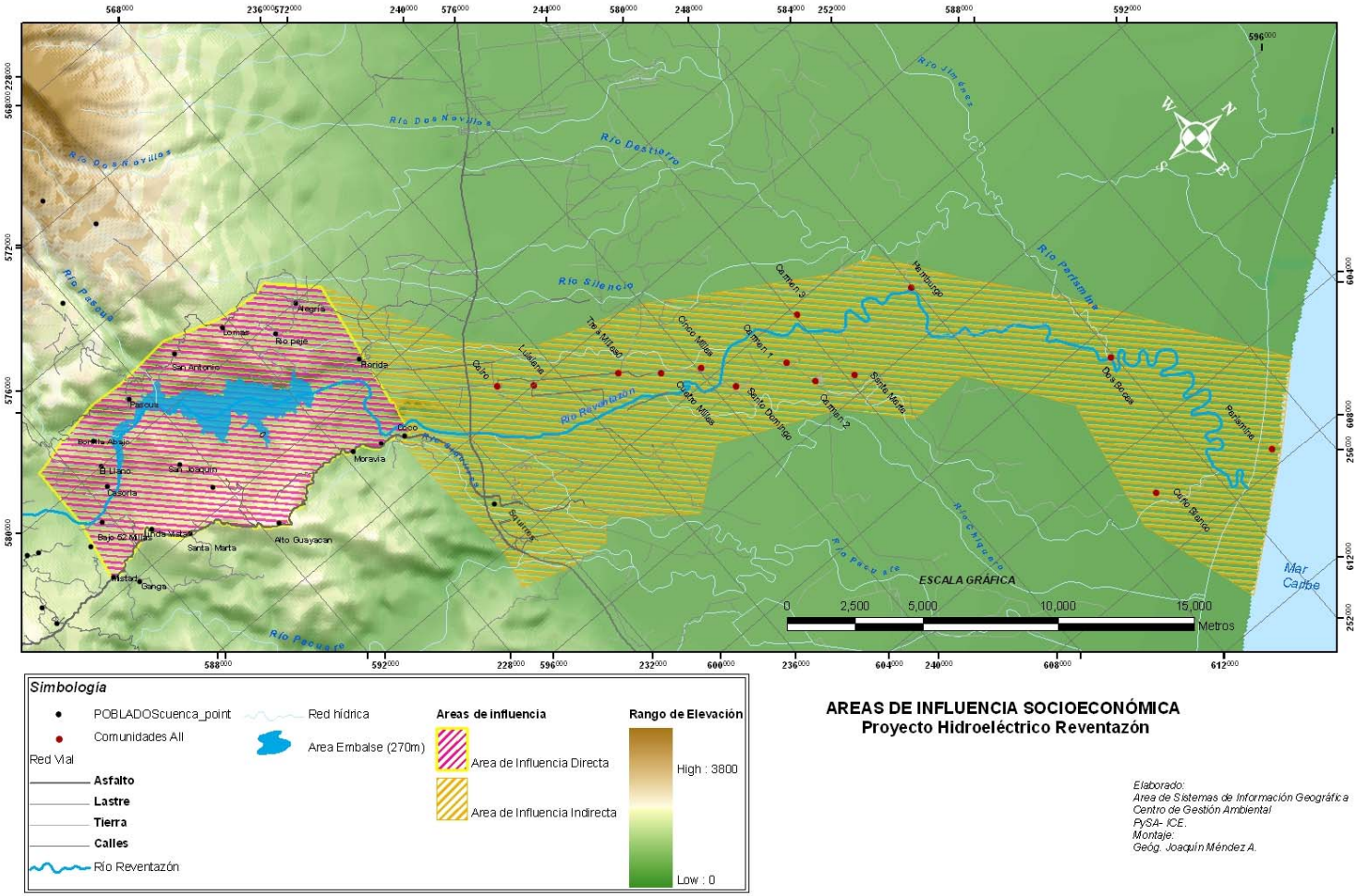


Figura 5.12
Área de influencia socioeconómica

Fuente: Centro de Gestión Ambiental (CGA)



5.6 Fases de desarrollo

Descripción de las obras

El proyecto cuenta con una presa de enrocado con pantalla de hormigón (CFRD por sus siglas en inglés) con un volumen de 9,85 hm^3, creando un embalse de regulación bimensual de 118,5 hm^3 útiles. Operará entre las cotas 245 m.s.n.m. y 265 m.s.n.m. El caudal de diseño de la toma de aguas y estructuras de conducción es de 240 m^3/s. La conducción consta de un túnel de 1600 m de longitud y 8,8 m de diámetro; un tanque de oscilación de orificio restringido de 51 m de altura y 27,0 m de diámetro y una tubería de presión de 973 m de longitud y diámetro variable (8,6 m a 8,4 m).

Finalmente, se tiene una casa de máquinas que albergará 3 unidades turbogeneradoras tipo Francis, con una capacidad total de 284,5 MW. La caída neta disponible en la entrada de las turbinas es de 134.0 m para el caudal nominal. El agua es restituida al río Reventazón en la margen derecha en la cota 120 msnm. El proyecto también considera una mini-central a ubicarse al pie de presa y aprovecharía la descarga de los 14,9 m^3/s correspondientes al caudal de compensación del río. La capacidad nominal de esta mini-central al pie de presa es de 13,3 MW. La caída neta es de 101,1 m y las aguas se restituyen a la cota 156 m.s.n.m. El cuadro 5.4 presenta las características más importantes del proyecto.

5.7 Fase de construcción

Presa

La construcción de la obra presa CFRD en la cota 270 m.s.n.m. (265 m.s.n.m., nivel máximo de operación del embalse) se podría subdividir en las siguientes actividades: obras de desvío, descarga de fondo, obras de contención, obras de excedencias, obras de toma y obras de compensación (mini-central).

En la Figura 5.5 se muestra la configuración de las diferentes obras de sitio de presa.

Obras de Desvío

Las obras de desvío del río Reventazón están constituidas por 2 túneles de desvío de 11 metros de diámetro, una ataguía y una contraataguía. Uno de los túneles de desvío será utilizado como descarga de fondo, mientras que el otro albergará la central de aprovechamiento del caudal ecológico.

Ataguía y contraataguía

Se deben construir dos ataguías, una aguas arriba y otra aguas abajo de la presa (contraataguía), con crestas a una elevación de 195 y 170 m.s.n.m. respectivamente. Las características de diseño supuestas para el planeamiento de estas obras se detallan a continuación:

- Ataguía de aguas arriba de enrocado con cresta a elevación 195 m.s.n.m.
- Contra ataguía de aguas abajo de enrocado con cresta a elevación 170 m.s.n.m.
- Elevación natural del lecho del río: 160 m.s.n.m.
- Elevación del piso a la entrada de los túneles: 165 m.s.n.m.
- Inclinación de los taludes de las ataguías: 2,0 H a 1,0 V en ambas caras.

La ataguía es un dique de cierre ubicado aguas arriba de la presa, construido sobre el lecho del río, que permitirá desviar el caudal hacia los túneles de desvío y con ello permitirá el inicio de la excavación en la fundación de la presa. Tiene una longitud de cresta de aproximadamente 520 m y un volumen estimado de relleno de 662 000 m^3 en banco. Para que facilite el desvío del río hacia los túneles, será necesario colocar materiales de sobre-tamaño, con el propósito de evitar el arrastre de la corriente, en el momento del cierre.

La contraataguía tendrá una longitud de cresta de 230 m y un volumen estimado de relleno de 42 200 m^3 en banco. La función de este dique es la de evitar que las aguas desviadas a través de los túneles de desvío regresen hacia el sector de excavación de la fundación de la presa.

Túneles de desvío

Por tratarse de una presa de enrocado, el desvío del río se debió planear a través de túneles. La margen derecha resultó más adecuada por producir la menor longitud de los túneles.

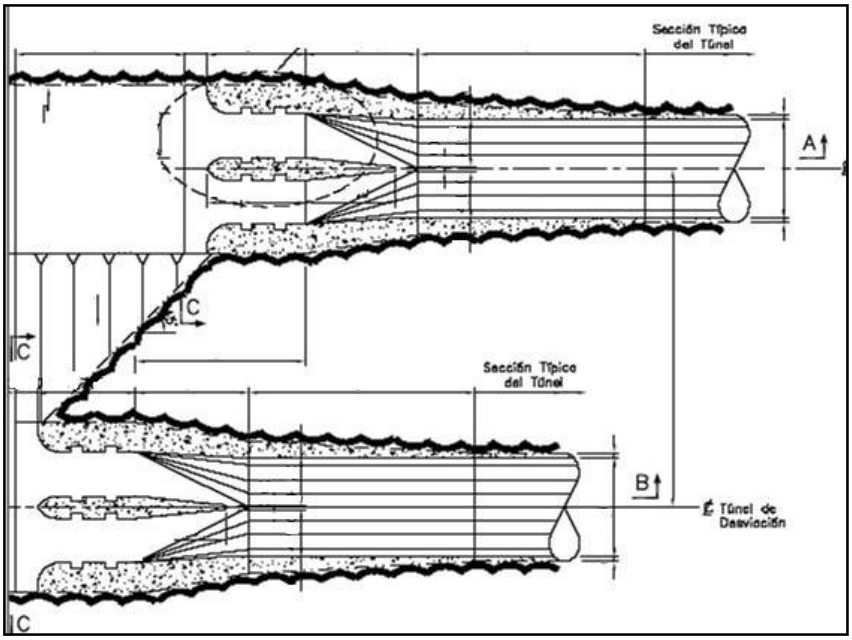
Para el avance a la factibilidad se estableció que los túneles de desvío tendrían una longitud promedio de 910 m, sin embargo, dado el aumento en la excavación de la presa y el consiguiente desplazamiento del vertedor, se debió alargar la longitud de los túneles que se propone sean de 1 080 m y 1 100 m. En la figura 5.7 se muestra el esquema de dicha obra.

Los datos generales del sistema de desvío se resumen de la siguiente manera:

- Caudal de diseño: 2 700 m^3/s.
- Periodo de retorno del caudal de diseño: 50 años.
- Ubicación de los túneles: margen derecha.
- Velocidad media para el caudal de diseño: 14,2 m/s.
- Disipador de energía a la salida de los túneles: tipo I del USBR.

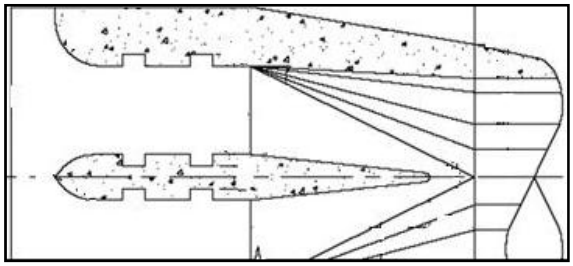
Para el planeamiento constructivo se supuso que las obras de entrada y salida de los túneles de desvío tienen una estructura similar, según se muestra en las figuras 5.13 y 5.14.

Figura 5.13
Estructuras de entrada de los túneles de desvío



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Figura 5.14
Detalle de las estructuras de entrada y nichos de compuertas



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

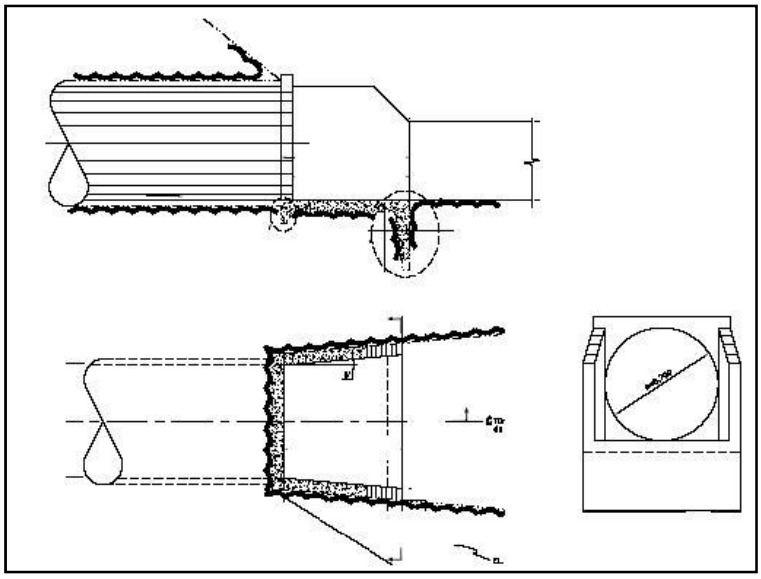
Las estructuras de entrada están conformadas por un portal de concreto reforzado con sección rectangular, que servirá de estructura de toma para la desviación. Cuenta con un tabique central, cuya entrada es abocinada en las paredes y el techo. Se dispone de dos compuertas y tablones con aberturas rectangulares en cada vano, para el cierre del túnel durante la etapa de construcción del tapón definitivo.

Para permitir el empalme con el túnel de desviación se proyectan transiciones a partir de la sección inicial hasta la sección típica del túnel circular. El espesor de las paredes de la estructura es variable desde el inicio del portal hasta el final de ella.

El último tramo del túnel de desviación cuenta con una sección circular la cual se remata con una estructura de salida en concreto reforzado, cuya losa de fondo y paredes conforman un canal rectangular de ancho variable, las cuales sirven de estructuras de salida durante la desviación del río y durante la operación de la central. El detalle de estas estructuras se muestra en la figura 5.15.

Figura 5.15

Estructura de salida de los túneles de desvío



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Excavación de portales

Corresponde a la excavación de acceso a los túneles de desvío, aguas arriba y abajo, que permitirán el ingreso del personal y equipo, propio para la actividad subterránea.

Concreto de portales y rampas

Los portales de entrada y salida, requieren de la construcción de obras de concreto reforzado, losas, muros, pilares de acceso, rampas superiores y marcos de izaje para las compuertas de control.

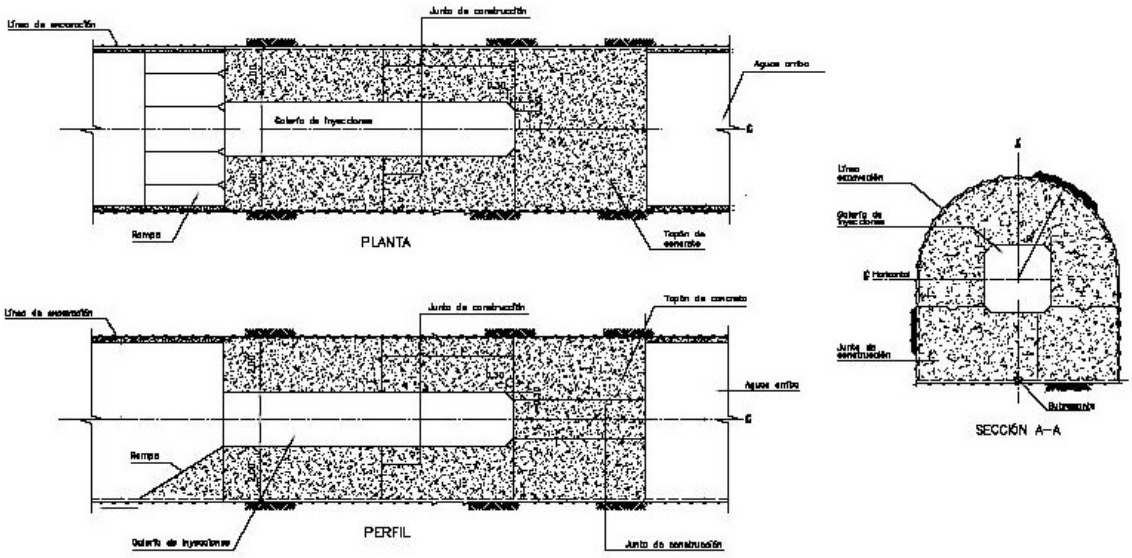
Tapón

En uno de los túneles de desvío se construirá una estructura de concreto capaz de retener la presión interna del agua a largo plazo, dicha estructura se denomina tapón. Tiene una longitud tal que evita el corrimiento por presión interna y socavación y por lo

tanto, se debe lograr adherencia entre el concreto y la roca. Además, dicha longitud reduce el gradiente hidráulico y este depende del tipo de roca presente en el túnel.

Para efectos del planeamiento se usa un tapón de 23 m de longitud, con una galería interna de sección cuadrada de 3 x 3 m, la cual se emplea para realizar los trabajos de la cortina de inyección radial, consolidación y contacto. La estructura de concreto lleva un refuerzo de acero que colabora con la resistencia a los esfuerzos de cortante y refuerzo mínimo para el respectivo control de fisuras y fraguado. La figura 5.16 muestra un esquema de la configuración del tapón.

Figura 5.16
Perfil y planta del tapón

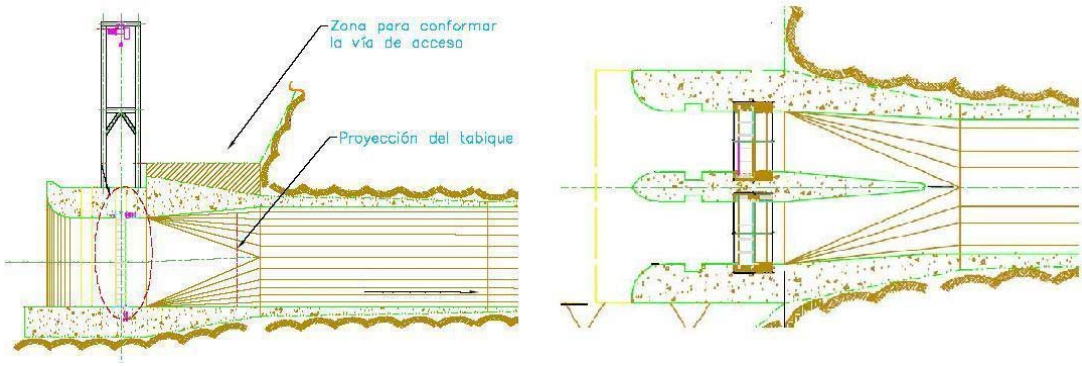


Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Compuertas

En la entrada a los túneles de desvío, se deben instalar dos compuertas de control, las cuales permitirán la construcción del tapón y las actividades de la descarga de fondo. La figura 5.17 muestra un esquema de estas compuertas.

Figura 5.17
Detalle de planta y perfil de las compuertas a la entrada de los túneles de desvío



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

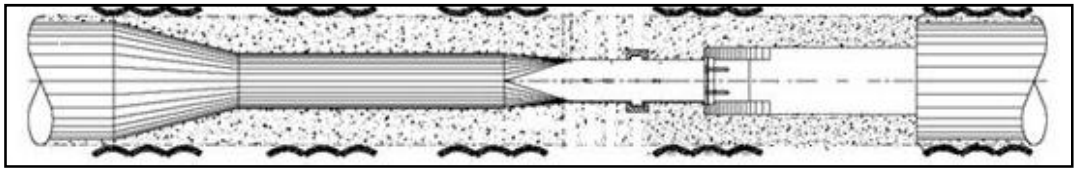
Descarga de fondo

El esquema de la obra considera ubicarla dentro del túnel de desvío izquierdo. Las estructuras que conforman la descarga de fondo son: estructura de entrada (del túnel de desvío), cámara de compuertas y estructura de salida.

El sistema de control de la descarga de fondo está formado por una cámara de compuertas y su correspondiente galería de acceso. En esta cámara el flujo es controlado por una compuerta radial de servicio. Adicionalmente, con fines de mantenimiento y emergencia, se localiza una compuerta deslizante vertical de guarda inmediatamente aguas arriba de la compuerta radial. La bóveda superior de la cámara de compuertas es una estructura de concreto reforzado con paredes de espesor constante en las cuales se localizan las vigas de apoyo de los servomotores y pivotes de la compuerta radial. El acceso a la cámara se realiza mediante una galería cuya sección es en herradura con patas rectas.

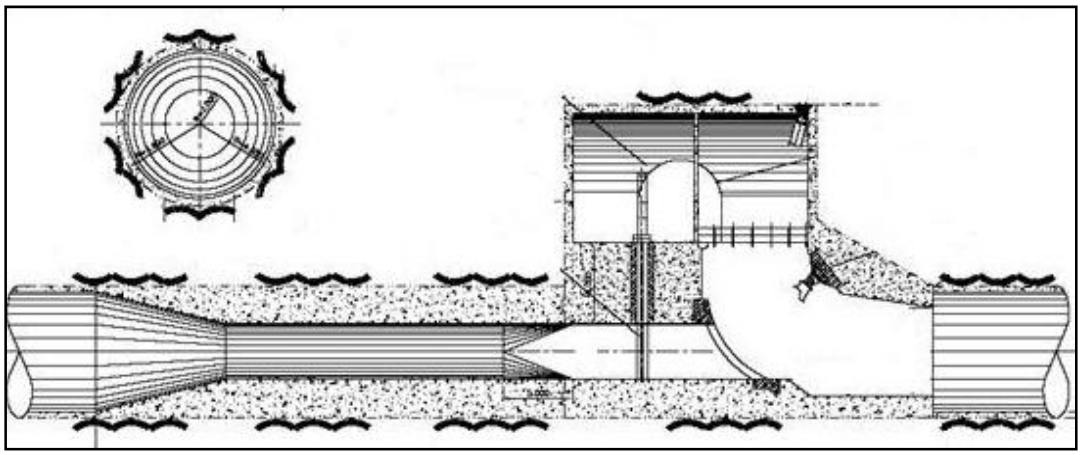
La estructura cuenta con un blindaje metálico localizado en el túnel de descarga aguas arriba de la compuerta radial. La cámara de la compuerta radial es cerrada para impedir que el agua inunde la zona de control de equipos durante descargas de altos caudales por el vertedero. El esquema de las obras se detalla en las figuras 5.18 y 5.19.

Figura 5.18
Planta de descarga de fondo



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Figura 5.19
Sección de la descarga de fondo



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Obras de contención

Presa

La presa está ubicada en el estrechamiento; tiene una altura de 125 m hasta el nivel de fundación. El talud aguas abajo de la presa es 1,6 H:1 V y el de aguas arriba, donde se encuentra la cara de concreto, es 1,5 H:1 V. La elevación de la cresta de la presa es 270 m.s.n.m.; tiene un ancho de 8 m y una longitud de 535 m.

El esquema de la presa de enrocamiento con cara de concreto (CFRD, por sus siglas en inglés) se basó en las recomendaciones geotécnicas resumidas en la figura 5.4, a saber:

- ancho de cresta de la presa: 8 m.
- talud aguas abajo: 1,6H:1V.
- talud aguas arriba: 1,5H:1V.

Esta obra se subdivide en varias actividades que son importantes mencionar:

Limpieza y preparación del sitio

Esta actividad reúne aquellas labores normales de remoción de suelos, vegetación y árboles, que permitan iniciar las actividades de excavación en el sector de la presa. Los desechos que se producen en esta actividad deben enviarse a la escombrera más cercana, por la margen derecha o izquierda del sector.

Excavación

La premisa que se usa en esta actividad es la ejecución de la excavación de la fundación (ambas márgenes y base de la presa), plinto perimetral en el sector aguas arriba y la ataguía. En este tipo de actividad normalmente se podrían encontrar condiciones particulares del sitio, que determinarán la aplicación de uno o varios procedimientos de excavación, entre los que se encuentran:

- Excavación con voladura.
- Excavación con martillo.
- Uso de desgarrador (ripper) pesado y voladura.
- Uso de desgarrador (ripper) liviano.
- Excavación con la cuchilla de un tractor pesado.

Los niveles de fundación de la presa, están directamente relacionados con el tipo de relleno o zonificación de la presa, por lo cual será una revisión que se evaluará en sitio, con la colaboración del ingeniero geotecnista asignado a la obra.

Esta actividad incluye la remoción de los suelos que cubren la roca, en algunos sectores deberán removerse depósitos de aluviones, materiales residuales y cualquier tipo de material suelto, con el propósito de lograr una superficie adecuada de roca estable, que permita una apta cimentación de los rellenos y el plinto. En el lecho del río debe retirarse el material de aluvión hasta despejar el nivel de roca, que según la figura 5.4, es aproximadamente 8 m de profundidad.

Para la fundación del plinto se tiene como premisa buscar la roca, con el propósito de obtener una superficie plana y uniforme, cuya pendiente depende de la inclinación del estribo y con un ancho variable, porque estará en función del diseño del plinto.

Los materiales productos de la excavación que no se puedan colocar en el relleno de la presa, deberán depositarse en los sitios en las escombreras, que corresponda de acuerdo a su proximidad.

Estabilización de márgenes

Esta actividad está dentro del proceso normal de la excavación, involucra los trabajos que deben efectuarse en la excavación de las márgenes y hasta en la fundación del lecho del río, e incluye toda medida de protección para la seguridad de las personas, maquinaria y equipos; podrían ser apuntalamientos, ademes u otras obras de protección (concreto lanzado).

Enrocado

El diseño de este tipo de presas (CFRD) (figura 5.6), la constituyen varias zonas de materiales que tienen una función específica dentro del cuerpo de la misma. Se colocarán materiales con diferentes características y propiedades mecánicas, siguiendo el sentido del flujo del agua se tienen:

Zona cercana a la cara de concreto: estas zonas corresponden a materiales como filtros y de transición hacia los enrocados, algunas funciones de éstos:

- relleno con material impermeable, que garantice una estanqueidad en la zona de mayores presiones hidrostáticas.
- materiales no seleccionados y que sirven de confinamiento de la zona anterior.
- filtro fino de arena que se coloca a lo largo de la junta perimetral bajo el sello de cobre, se emplea para retener los finos y sellar las posibles filtraciones.
- materiales semipermeables que dan apoyo directo de la cara de concreto, facilitan la colocación y la compactación del material y sobre éste se coloca el bordillo (que confina el material compactado). Su principal función es la de sellar las grietas del concreto y minimizar las filtraciones.
- material semipermeable que sirve de transición entre los filtros y las gravas del enrocado; deben evitar la posibilidad de vacíos adyacentes a la zona de soporte de la losa.

Zonas de enrocado aguas arriba del eje de la presa: es el relleno con material que conforman el espaldón de dicho sector, sus características de resistencia a la deformabilidad deben ser apropiadas, para que no afecten la estabilidad de los taludes de la presa.

Zonas de enrocado aguas abajo del eje de la presa: estos materiales conforma el espaldón aguas abajo de la presa, la calidad de estos materiales, la colocación y compactación serán menos estrictos, que los requeridos en la zona anterior, ya que reciben una parte pequeña de la carga del embalse y sus posibles asentamientos podrían ocurrir durante la construcción.

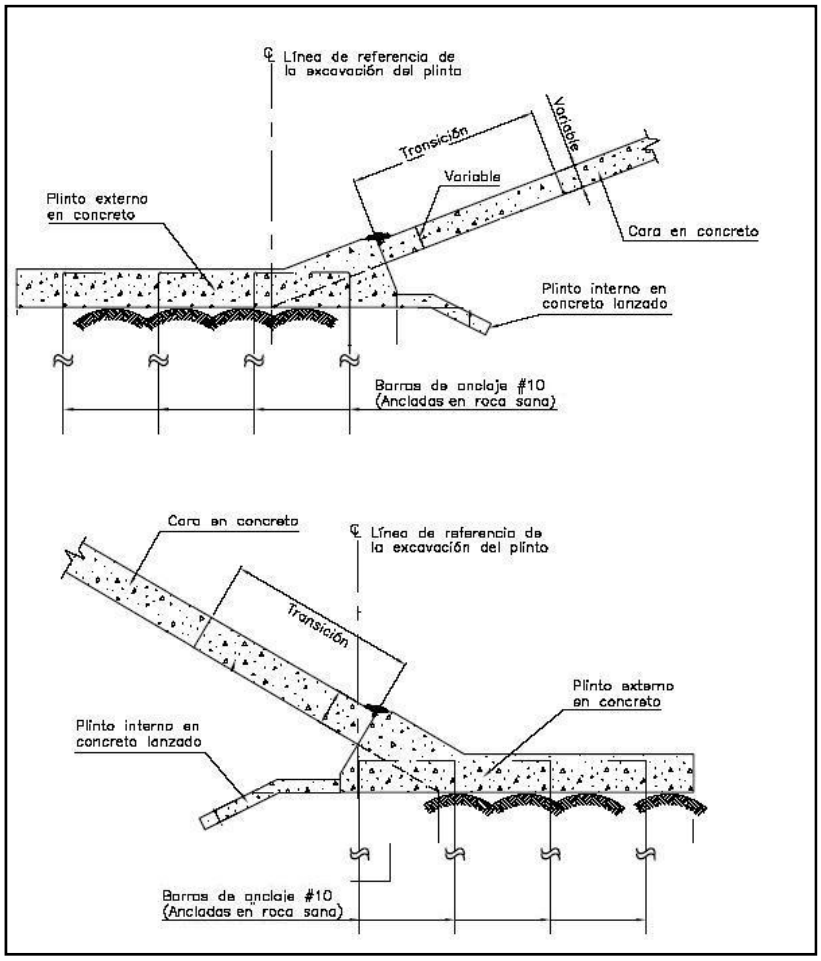
Zonas de drenaje en el sector aguas abajo: son materiales finos, colocados en la parte inferior de los enrocados del sector aguas abajo y su principal función es la de evacuar cualquier volumen de agua que penetre en el relleno por la cara de concreto o por la fundación y garantizar la estabilidad de la presa (contribuye a la reducción de presión de poros aguas abajo).

Losa de concreto

La losa de concreto se apoya sobre el bordillo, que corresponde a un concreto de baja resistencia, que se coloca sobre la cara aguas arriba del relleno de la presa, que proporciona una superficie uniforme, sobre la cual se pueda construir la losa de concreto. Además, permite la compactación uniforme y manual (equipo de compactación manual o de máximo 2 ton) de los materiales de enrocado o filtros que se definen por diseño, cercanos a dicha cara, los cuales requieren de una compactación especial (relleno semi-impermeable) y se colocarán mediante equipo deslizante.

La losa de concreto, corresponde a la cara de concreto impermeable, la cual debe construirse aguas arriba de la presa. Tendrá una división de losas monolíticas de concreto reforzado, con espesor variable (mínimo 0,30 m en la parte superior), las cuales se estimaron con un ancho típico de 12 m, separadas por juntas verticales de dilatación. Las losas monolíticas se deben construir sobre la colocación del bordillo (previamente construido) y mediante el uso de formaletas deslizantes.

Figura 5.20
Detalle de la junta perimetral

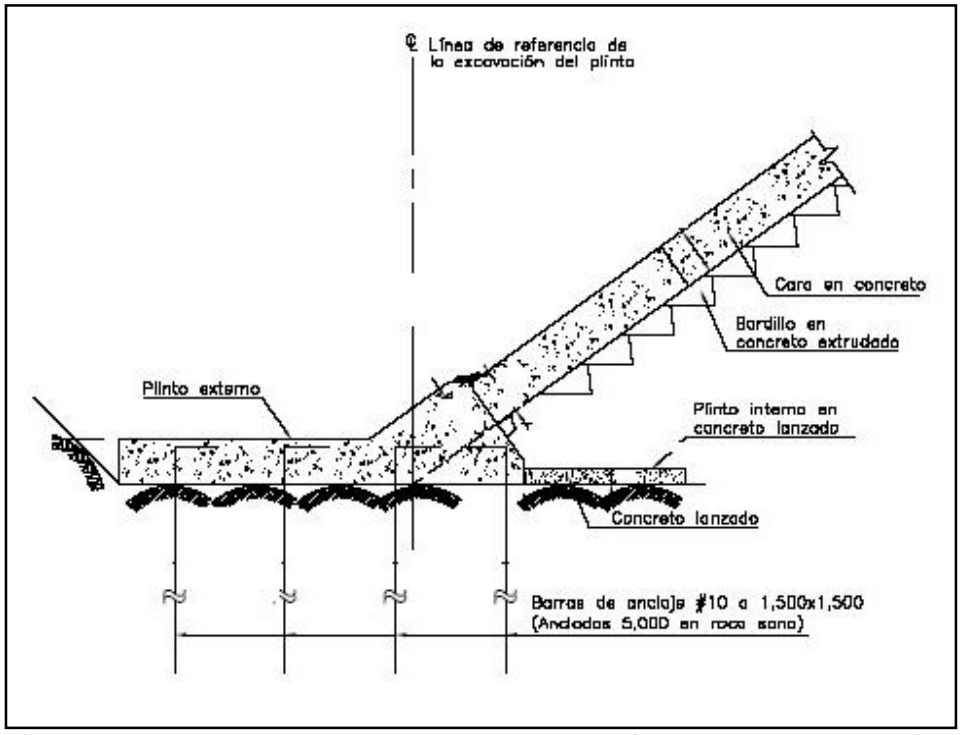


Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Plinto

Es una losa de concreto estructural a construir de manera perimetral (zapata de cimentación) y tiene la función de proveer una conexión impermeable entre la losa principal y la roca con la pantalla o cortina de inyecciones de los estribos. Debe estar provisto de barras de anclaje, las cuales deberán resistir las presiones de levantamiento cuando se realizan las inyecciones de la roca desde el plinto. Se tiene como premisa el uso de barras de acero N° 10 para el anclaje.

Figura 5.21
Plinto en la zona del talón



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Cortina inyecciones y drenajes

Este tipo de presa requiere de un tratamiento de la fundación mediante una cortina profunda de inyecciones que se debe construir desde el plinto externo. La premisa que se usó en esta actividad, consiste en la perforación e inyección de huecos a unos 6 m aproximadamente, con una profundidad equivalente a H/3 (H es la presión hidrostática en cada sitio del plinto), y un profundidad mínima de 25 m en los huecos cercanos a la cresta. En el sitio se define, dependiendo de la absorción de la lechada de cemento en cada hueco, si se perforan huecos adicionales. Se deben perforar adicionalmente huecos de unos 12 m de profundidad para las inyecciones de confinamiento de la cortina principal y también dependerá de la absorción de la lechada, si se realizan perforaciones secundarias, terciarias, etc.

Tratamiento de consolidación

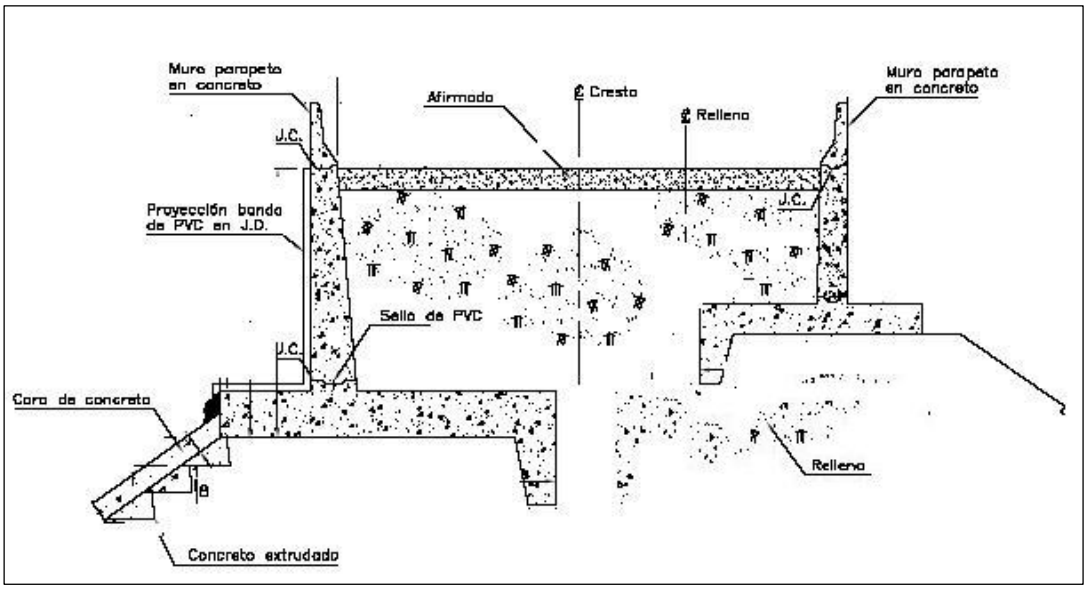
El tratamiento de consolidación es un proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por las cargas a que se puede ver sometido un talud y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo. El no tomar en cuenta este posible movimiento del suelo al construir una estructura sobre él puede llevar a inclinaciones, fisuramiento e incluso el colapso de la misma.

Se toma la premisa de que se requiere la aplicación de estos tratamientos, en los taludes de la fundación de la presa y que será necesario realizar inyecciones con lechada de cemento, concreto lanzado, micro-pilotes y perforación de pernos de acero.

Parapeto de la cresta

Para conformar el relleno de los últimos 4 m de la presa y con ello construir la vía sobre la cresta, la cual tendrá un ancho de 8 m, es necesario la construcción en sitio de dos muros de concreto reforzado, denominados "parapetos" (ver figura 5.22). El parapeto de la cara aguas arriba, tiene la función de anclar las losas principales de la cara de la presa, mediante una junta vertical con juntas de dilatación sin llave, localizadas a cada 15 m (ancho de losas de cara impermeable), las cuales deben coincidir con la prolongación de las juntas de dilatación de las losas de la cara de concreto.

Figura 5.22
Detalle del parapeto de la cresta de la presa



Fuente: Contratación de servicios de consultoría para el estudio de factibilidad, P.H Boruca, INGETEC S.A Noviembre 2005

Instrumentación

Como premisa se estableció para efectos de planeamiento de la obra, que la instrumentación es una actividad de tipo global, la cual deberá estar en sitio, al inicio del relleno de la presa y se van instalando en paralelo al avance de la fundación y el relleno del enrocado. El propósito de esta actividad es determinar el comportamiento de la fundación, relleno y de la cara de concreto durante la construcción, primer llenado y operación del embalse.

Obras de excedencias

Vertedor de excedencias

El vertedero se localiza en la margen derecha del río (Figuras 5.8, 5.9 y 5.10) El flujo se controla mediante cuatro compuertas radiales de 13,0 m de ancho y 17,3 m de alto ubicadas en el cimacio, con sus respectivas ataguías. El canal de aproximación es de forma trapecial, con un ancho de base de 64 m y una longitud de 110 m. El canal de descarga es un canal rectangular de 64 m de ancho y 403 m de longitud, con muros de hasta 11 m de alto; termina en un salto de esquí que lanza el agua al río.

Esta obra se subdivide en las siguientes actividades:

Losa de aproximación

Corresponde a la construcción de la estructura de concreto reforzado, que se ubica aguas arriba de la estructura de control del vertedor.

Estabilización de márgenes

Esta actividad está dentro del proceso normal de la excavación, involucra los trabajos que deben efectuarse en la excavación de las márgenes, incluye toda medida de protección para la seguridad de las personas, maquinaria y equipos, podrían ser apuntalamientos, ademes u otras obras de protección (concreto lanzado).

Anclajes y drenajes

Se considera la instalación de barras de anclaje, las cuales tendrán la función de resistir la presión de levantamiento por subpresiones de las aguas subterráneas. Además, se deben construir galerías por debajo de la losa del canal del vertedor, que permite la instalación permanente de un sistema de drenaje.

Bloque de cimacios

Son estructuras de concreto masivo cuya geometría aproxima a la forma parabólica de un chorro de agua con caída libre, se deben construir cuatro de estas estructuras en los vanos entre los pilares de la zona de control del vertedor. Dentro de ellas se comunican mediante galerías de acceso y drenaje.

Concreto lanzado canal de aproximación

En el sector aguas arriba de la losa de aproximación se deben estabilizar los muros, mediante la aplicación de concreto lanzado.

Losas y muros de la transición y rápida

Corresponden a la construcción de estructuras de concreto reforzado, que forman parte del sector de la transición y rápida del vertedor. Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados.

Pilares y muros de cresta

Se refiere a la construcción de estructuras de concreto reforzado, que forman parte del sector de control del vertedor. Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados.

Puente

Es la estructura de concreto reforzado, que estará apoyada sobre los pilares y vigas prefabricadas, en el sector de control del vertedero. Esta estructura permite la unión del vertedor con la presa y sobre ella tendrá que instalarse una grúa pórtico, que permite el mantenimiento en operación de las compuertas. Tiene una longitud de 64 m.

Compuerta y ataguías

En el sector de control se deben instalar 4 compuertas de tipo radial y 4 ataguías. Durante la construcción de los pilares debe dejarse las placas de apoyo, que permiten la instalación de las guías y sellos, para su funcionamiento.

Concreto masivo patín

Para disipar la energía se debe construir un deflector de salto tipo esquí, con concreto masivo (5 895 m^3), denominado patín; dicha estructura se ubica aguas abajo de la rápida.

Excavación

En este tipo de actividad normalmente se podrían encontrar condiciones particulares del sitio, que permitirán aplicar diferentes procedimientos de excavación:

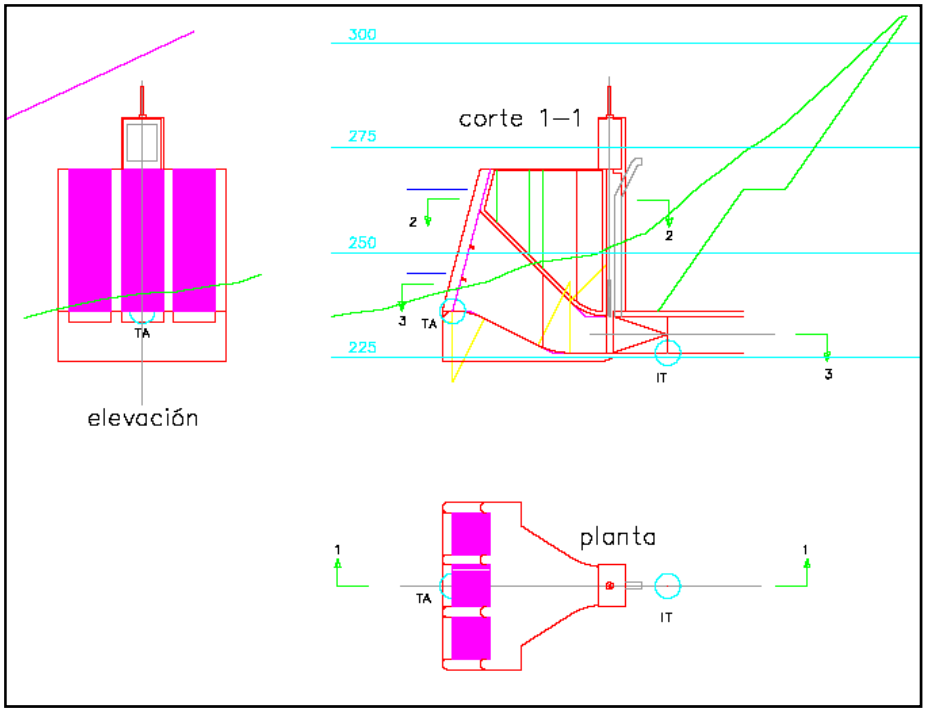
- Excavación con voladura.
- Excavación con martillo.
- Uso de desgarrador (ripper) pesado y voladura.
- Uso de desgarrador (ripper) liviano.
- Excavación con la cuchilla de un tractor pesado.

La premisa importante es la de usar cerca del 50% del volumen total en el relleno de la presa, por lo que es importante ubicar un sitio donde se podría almacenar parte de este material y el resto debe enviarse a las escombreras.

Obras de toma

En la margen derecha del río, se construirá una estructura de concreto reforzado que debe captar el flujo proveniente del embalse. Tendrá una forma de torre con rejillas metálicas frontales y se conecta con el túnel principal. Está compuesta de una losa de cimentación, pilares, vigas intermedias, muros laterales y la losa superior de la estructura. Además cuenta con una compuerta vertical.

Figura 5.23
Toma principal



El sistema de esta estructura cuenta con una compuerta de control, que tendrá acceso desde la parte superior de la toma mediante una caseta de operación donde se ubican los equipos de operación y tableros. El acceso se realizará por medio de un puente que permite el acceso desde la calle a la losa superior.

La principal función de la rejilla metálica es la de evitar el ingreso de objetos de sobretamaño que puedan entrar a la conducción y provocar problemas a las turbinas a instalar en la casa de máquinas.

Esta obra de aducción no sólo capta agua para dirigirla hacia el túnel principal, sino que además capta el agua del caudal de compensación, que es conducida por medio de un pozo excavado en el piso de esta, hacia uno de los túneles de desvío, para ser primero aprovechada en la central ecológica y luego restituida al río.

Excavación

Se estima que se deben excavar cerca de 108 600 m^3 $_b$, en donde no se descarta que se deban realizar trabajos de estabilización de taludes, excavaciones con voladura y colocación de pernos de anclaje. También se incluyen los trabajos de excavación subterránea que se deben realizar en los pozos de acceso e instalación a la compuerta.

Concreto columnas (pilares) y losa superior

Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados, para estructuras como los pilares y la losa superior.

Concreto muros, losa de piso y compuertas

Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados, para estructuras como muros, losa de piso (cimentación) y concretos en zona de compuerta. Incluye el concreto de las vigas carrileras del puente grúa.

Compuerta

Es una estructura metálica de sección rectangular, que permite la regulación del caudal en el sistema principal de conducción del túnel del proyecto.

Limpiarrejas

Corresponde a la instalación del equipo de limpieza de los escombros o material de sobretamaño, atrapados en los paneles de rejillas metálicas de la toma principal; los cuales en caso de ingresar al sistema dañarían las turbinas de casa de máquinas.

Rejillas metálicas

Es una estructura metálica rectangular conformada por tres paneles de barras metálicas con dimensiones de 10 m de ancho y 34 m de altura. Estas rejillas son frontales pero tienen una inclinación de 15º respecto a la vertical.

Obras de Compensación (mini-central)

Se construirá un sistema de aprovechamiento del caudal de compensación de 14,9 m^3/s, el cual corresponde al 10% del caudal medio del río Reventazón. El esquema está conformado por una captación en el piso de la toma de aguas principal y una conducción subterránea de 600 m de longitud. La casa de máquinas es de tipo superficial y se localizará en la margen derecha, al pie de la presa. En esta edificación se alojaría una turbina tipo Francis con una potencia de 13 MW y descarga al cauce del río Reventazón al pie de la presa.

Obra civil

Las diferentes actividades que se ven involucradas en la obra civil, incluye las siguientes:

Captación

La bocatoma consiste en una ranura en el piso de la toma principal del proyecto, en cada uno de los vanos de la misma. El diseño propuesto busca aprovechar la estructura y el equipo de limpieza de la toma principal.

Conducción

La conducción inicia en el piso de la toma principal con un pozo vertical de 40 m de longitud y 2,5 m de diámetro terminado, posteriormente continua en túnel blindado pasando sobre el túnel interno de desvío y se conecta al túnel externo de desvío con un tramo de túnel inclinado de 58 m de longitud y 2,5 m de diámetro. La conducción continúa

dentro del túnel externo de desvío en una tubería de acero de 2,0 m de diámetro y 330 m de longitud. Finalmente llega a la casa de máquinas a través del túnel de 130 m de longitud.

Distribuidor

Fabricación e instalación de dos ramales blindados al final de la conducción, uno de 2 m de diámetro y otro de 1,6 m de diámetro, el primero conduce hacia la turbina y el otro hacia una válvula disipadora de energía que operaría cuando la unidad de generación esté en mantenimiento.

Casa de Máquinas

Es un edificio convencional que preliminarmente tendría unos 15 m de ancho, 25 de largo y 20 de alto; incluye trabajos civiles tales como: vigas de concreto para grúa viajera, protección del talud, concretos masivos para embebidos de equipos electromecánicos, estructura de techo, edificio de control, acabados de paredes y pisos, gradas, barandas etc.

Casa de maquinas (equipo electromecánico)

El equipo electromecánico que se instalará en la casa de máquinas, será:

- Puente grúa.
- Válvula reguladora automática.
- Tubo de aspiración.
- Turbina tipo Francis.
- Generador, rotor y estator.
- Compuerta de control de salida.
- Transformador.
- Equipos de operación y operación.
- Sistema eléctrico e iluminación.
- Sistema de aire acondicionado.
- Sistema de control y vigilancia.

Equipo de transmisión (línea de transmisión 34,5 kv)

Esta actividad incluye los trabajos propios de la transmisión, postes y cableado necesario para conducir la energía producida hacia la subestación.

Túnel

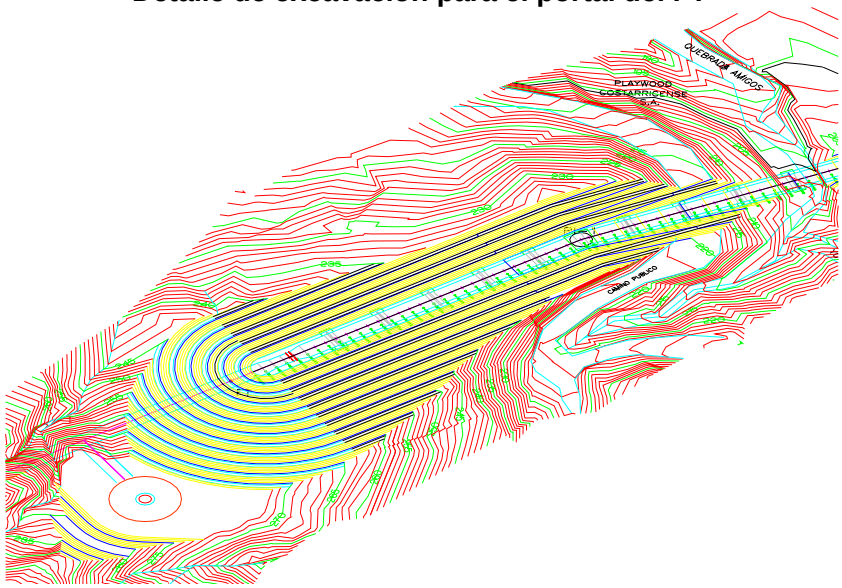
La construcción de esta obra incluye las siguientes fases: excavación del portal, excavación subterránea, revestimiento, blindaje e inyección.

Excavación del portal

La excavación subterránea se realizará a través del final de túnel. El portal requerirá el movimiento de 44 600 m^3. El área a afectar por la excavación es de 17 100 m^2. Todos los

escombros, producto de esta excavación serán depositados en la escombrera denominada como No. 2.

Figura 5.24
Detalle de excavación para el portal del FT



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

En la fotografía 5.1 se aprecia la vista típica de un portal de un túnel.

Fotografía 5.1
Vista de un portal de túnel

Fuente: Tomada por el Ing. Camilo Vargas, P.H Toro 3, ICE

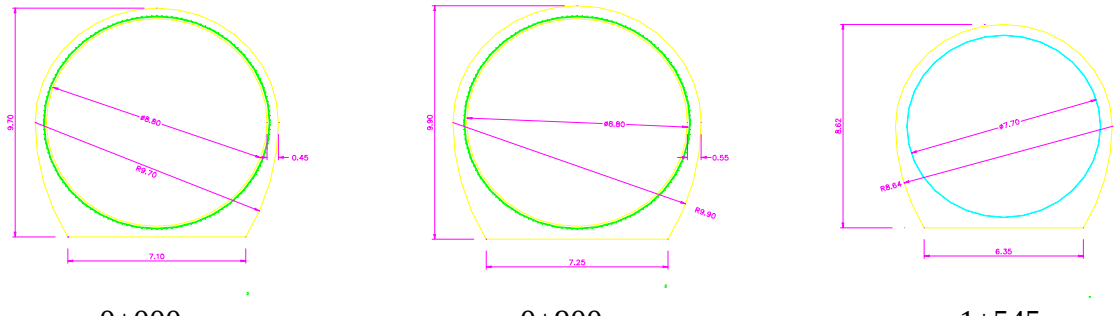
La excavación a cielo abierto se realizará a través de la trinchera de la tubería ingresando por la estación 0+200 de este tramo de la conducción.

Excavación subterránea

Corresponde al trazado subterráneo de la conducción con una longitud de 1 600 m. Se excavará mediante una sección de herradura de una altura de 9,7 m y un ancho en la base de 7,10 m, entre las estaciones 0+000 y la 0+900, con un espesor de revestimiento de 0,45 m. Entre los puntos 0+900 y la 1+545, la excavación mantiene la forma básica de una herradura, con una altura de 9,9 m y 7,25 m de ancho de base, con un espesor de revestimiento de 0,55 m. El tramo final, entre las estaciones 1+545 y 1+600, se excavarán con una altura de 8,62 m y un ancho de base de 6,35 m.

La figura 5.25 muestra el esquema general que presentarán estas secciones.

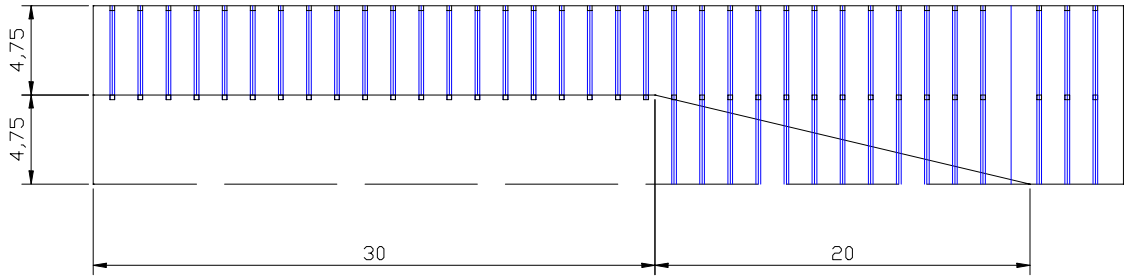
Figura 5.25
Secciones del túnel para diferentes puntos.



Fuente: Elaboración propia, Ing. Camilo Vargas, P.H Reventazón

Puesto que la longitud del túnel es de apenas 1 600 m, se realizará el proceso de excavación mediante la técnica de barrenación y voladura, mediante la construcción de un banco superior con una altura de entre 4,95 m y 4,85 m y un banco inferior de la misma medida. Las características del banco se presentan en la figura 5.26.

Figura 5.26
Excavación de túnel, banco superior y banco inferior



Fuente: Elaboración propia, Ing. Camilo Vargas, P.H Reventazón

La barrenación se realizará mediante el uso de barrenadoras electro hidráulicas tipo Jumbo de tres brazos, con el uso de explosivos tipo Hidrogel y/o emulsión. Se utilizarán fulminantes no eléctricos que serán activados mediante un sistema de iniciación eléctrico. Los materiales explosivos deben ser manipulados y transportados según las disposiciones legales y las normas internas del ICE. En total se consumirán 150 ton de explosivos y 115 000 fulminantes no eléctricos. Estos materiales serán almacenados en un polvorín que cumpla con las disposiciones de seguridad correspondientes. Este polvorín deberá estar ubicado a una distancia de unos 150 m de cualquier edificio habitado

Dadas las dimensiones que presenta esta sección, la excavación se llevará a cabo mediante equipo montado en llantas. La extracción en el tope del banco superior se realizará con cargadores de perfil bajo tipo Scooptram ST 1520 de la Atlas Copco con una capacidad de balde de 7,5 m^3.

El material así extraído se depositará en nichos desde donde será cargado por cargadores de volteo lateral a vagonetas que lo ubicarán en la salida del túnel. El sistema de colocación de arcos de acero y carga de explosivo requerirá el uso de un andamio móvil montado en un camión tipo Mack.

La colocación de concreto lanzado se realizará mediante el uso de robot electrohidráulico y una bomba de concreto tipo Aliva III.

Revestimiento/blindaje

Las actividades de blindajes y revestimiento corresponden a todos los procesos que se llevan a cabo para conformar la superficie hidráulica y que permitirá el flujo del agua. Consta de las siguientes etapas:

- ***Limpieza de piso***: Corresponde a todas las actividades de eliminación del material del piso que ha sido dañado por el proceso de excavación subterránea. Por lo general, corresponde a la remoción de por lo menos 10 cm del material del piso.

- ***Colocación de contrapiso***: Corresponde a la chorrea de un contrapiso (por debajo del nivel inferior de piso), con el fin de conformar una superficie limpia y pareja para el proceso de revestimiento.

- ***Revestimiento***: Corresponde a la conformación definitiva de la estructura de concreto. Se realiza mediante la colocación de una formaleta móvil. El espacio entre la excavación y el revestimiento se rellena mediante la colocación de concreto vaciado en el sitio. La fabricación del concreto se realizará mediante una planta de concreto ubicada en el área de las instalaciones provisionales. El traslado del concreto se realiza mediante el uso de auto mezcladoras. Se colocarán 39 039 m^3 de concreto y 1 993 ton de acero de refuerzo en varillas de diversos calibres.

- ***Blindaje***: En este caso, el revestimiento se realiza mediante la colocación de un tubo de acero. El espacio entre el tubo y el terreno se rellena con concreto. En total se colocarán 232 ton de lámina de acero y 1 069 m^3 de concreto.

Las fotografías 5.2 y 5.3 muestran el revestimiento con concreto y el blindaje.

Fotografía 5.2
Revestimiento con concreto y blindaje

Fotografía 5.3
Revestimiento con concreto y blindaje

Inyección

Corresponde a la colocación de una lechada de cemento entre los espacios del revestimiento y la pared de la excavación. Cumple dos funciones principales, la primera de garantizar un adecuado contacto entre las paredes del revestimiento y la excavación, lo que permite una adecuada transmisión de las cargas hidráulicas a las que se verá sometido el revestimiento y la segunda función, está relacionada con la necesidad de impermeabilizar total o parcialmente el túnel, de tal forma que se limite el flujo de agua hacia afuera o hacia adentro de la estructura.

En esta etapa se consumirán 51 600 sacos de cemento. Este cemento será inyectado a los espacios vacíos entre la capa de concreto y la de revestimiento. Se requiere del uso de sedimentadores a la salida del túnel para captar los sedimentos producto de estas actividades.

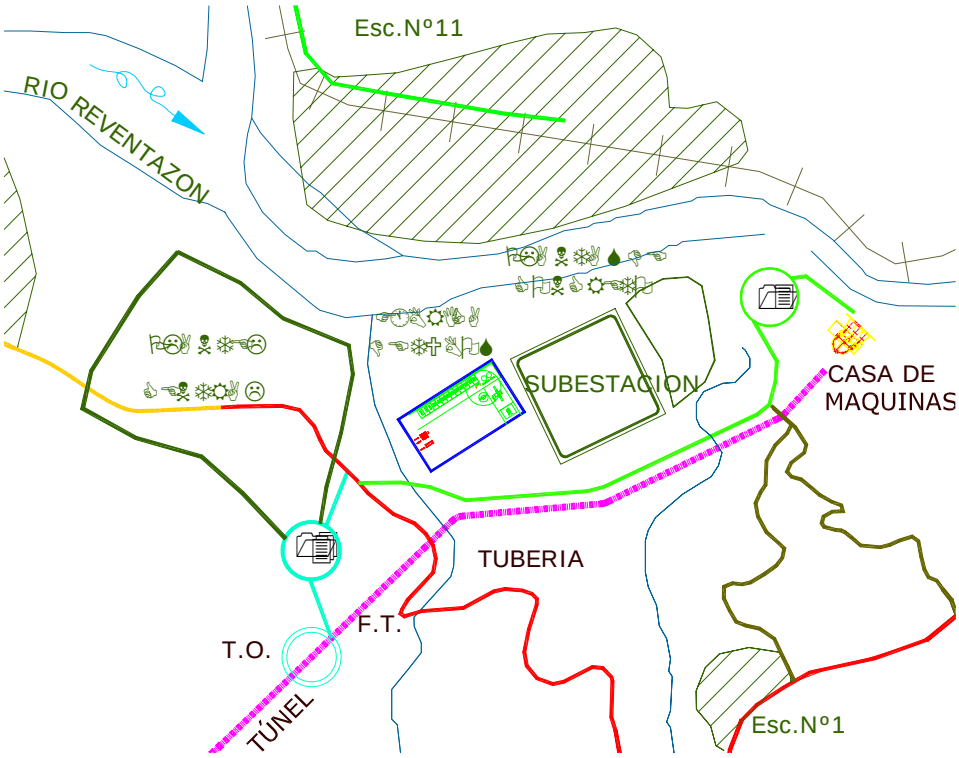
Tubería de presión

Dicha obra se fabricará en acero similar al A-36, con una longitud de 973 m (incluida la válvula de conducción), un peso de 6470 ton, con diámetros que oscilan entre 8,4 y 8,6 m y con espesores que varían desde 21 hasta 39 mm. Este tramo tendrá una diferencia de elevación al nivel de piso, entre el final del túnel (elev. 217 m.s.n.m.) y la casa de máquinas (elev. 112 m.s.n.m.) de 105 m.

La tubería se colocará dentro de una trinchera y estará soportada en monturas de concreto las cuales transmitirán las cargas de la tubería al suelo y anclada en los cambios de dirección por bloques masivos de concreto. La excavación de esta trinchera estará en función del lineamiento de la tubería y de la capacidad de soporte de suelo, y dependiendo de la profundidad de corte será necesario construir bermas de 2 m de ancho con cunetas para el manejo de aguas (en cortes de más de 6 m de altura) y taludes superiores si es necesario. Este tramo de tubería se protegerá con pintura interna y externa.

Su inicio será en el portal de salida del túnel, en el punto llamado FT y finaliza en la casa de máquinas (ver figura 5.27). El proceso constructivo incluye la excavación de la trinchera, concreto lanzado, bloques de anclaje, monturas de concreto, montaje de tubería y fabricación de los tubos.

Figura 5.27
Detalle de ubicación de tubería (línea color verde claro)

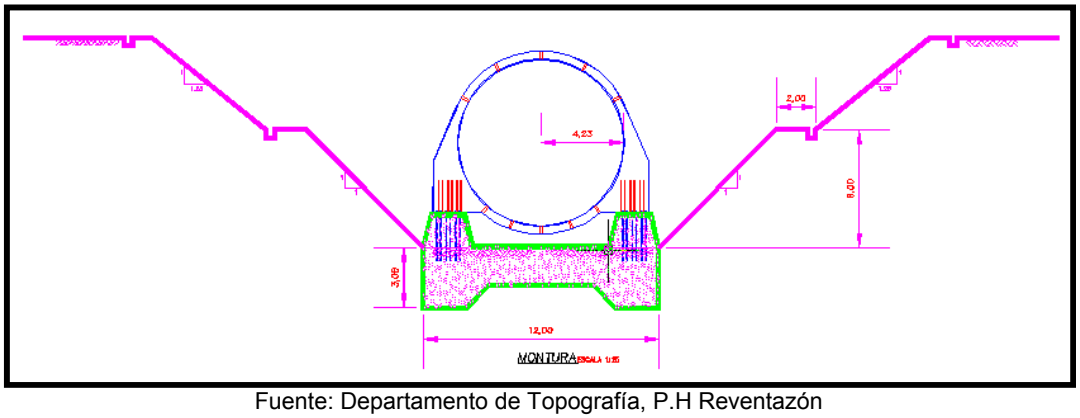


Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Excavación de Trinchera

Este tramo tendrá una trinchera de excavación con pendiente 1:1 a partir del nivel de piso de trinchera (0,6 m debajo de la parte inferior de la tubería) y hasta una altura de 6 m. Acá se construirá una berma de 2,0 m de ancho y de ser necesario un talud superior con un talud de 1.25:1 (Figura 5.28).

Figura 5.28
Detalle excavación de Trinchera



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Se controlarán las aguas producto de escorrentía, para así evitar la erosión de los suelos, con la construcción de cunetas, que guiarán las aguas por las zonas de escorrentía habituales, ya que no se desea que el agua evacúe dentro de la trinchera. Para este caso las cunetas deberán guiar el agua de acuerdo con la topografía, de manera que no se sobrecargue ningún desagüe natural. Se construirán canales de desagüe paralelos a la tubería y correspondientes a las bermas, estos se podrán construir con concreto convencional o concreto lanzado.

Toda esta excavación se realizará con el proceso de corte y carga utilizando equipo de movimiento de tierras. Adicionalmente se debe considerar el uso de explosivos por la necesidad de remover bloques de roca a lo largo de la trinchera.

El área afectada por esta excavación es de 49 100 m², que corresponde a 25 m a cada lado de la línea de centro de la tubería.

La excavación se dividirá en dos etapas:

Excavación de Primera Etapa

Corresponde al corte por realizar hasta alcanzar la altura de la primera berma (si el corte excede de los 6 m de altura). Por las dimensiones del fondo de la trinchera, esta será utilizada como camino de acceso para labores de montaje y construcción civil. En la **fotografía 5.4** se ilustra el proceso de excavación de primera etapa.

Excavación de Segunda Etapa

Corresponde a la excavación final para apoyar la tubería (hasta nivel para excavar fundaciones de monturas). En la fotografía 5.5 se ilustra el proceso de excavación de segunda etapa. El camino de acceso para realizar el traslado de este material producto de la excavación, corresponderá al fondo de la trinchera. Esta excavación, por la condición del camino se llevará a cabo paralela a la excavación de primera etapa. La misma se ejecutará estando unos 50 metros atrás de la excavación de primera etapa, lo anterior para poder marcar las bermas y taludes de esta segunda etapa de excavación.

Fotografías 5.4 y 5.5
Excavación de primera y segunda etapa

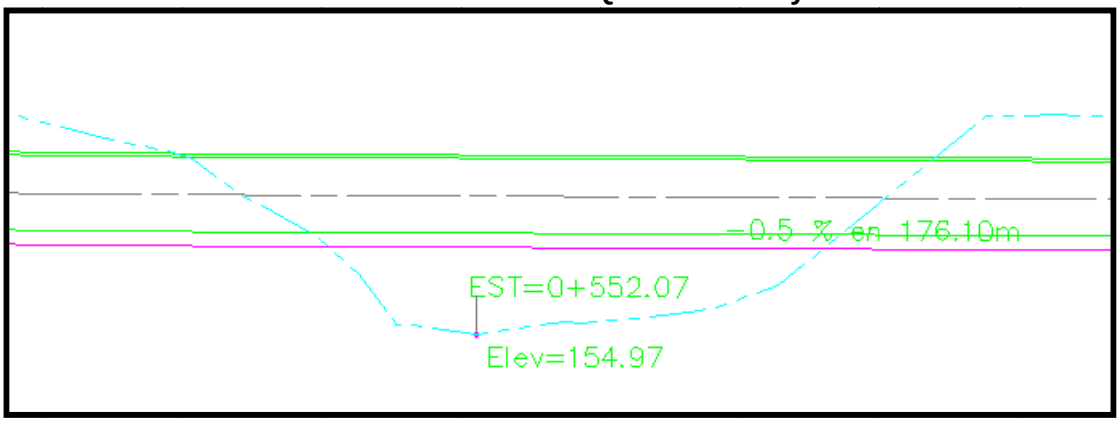
Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

El material producto de esta excavación será depositado según se explica a continuación. Lo correspondiente a la excavación aguas abajo de la quebrada Guayacán se deberá trasladar por el camino de acceso a la casa de máquinas hasta la escombrera Nº 3. La distancia promedio de acarreo es 4,2 km. El resto del material, aguas arriba de la quebrada indicada, se trasladará por el camino de acceso a la subestación, para una distancia de acarreo de 2,1 km.

Puente-tubo

Entre la estación 0+715 y la 0+770 (55 m) se encuentra el cañón de la quebrada Guayacán. Esta depresión deberá ser atravesada por la tubería sobre un puente-tubo, según se muestra en la figura 5.29.

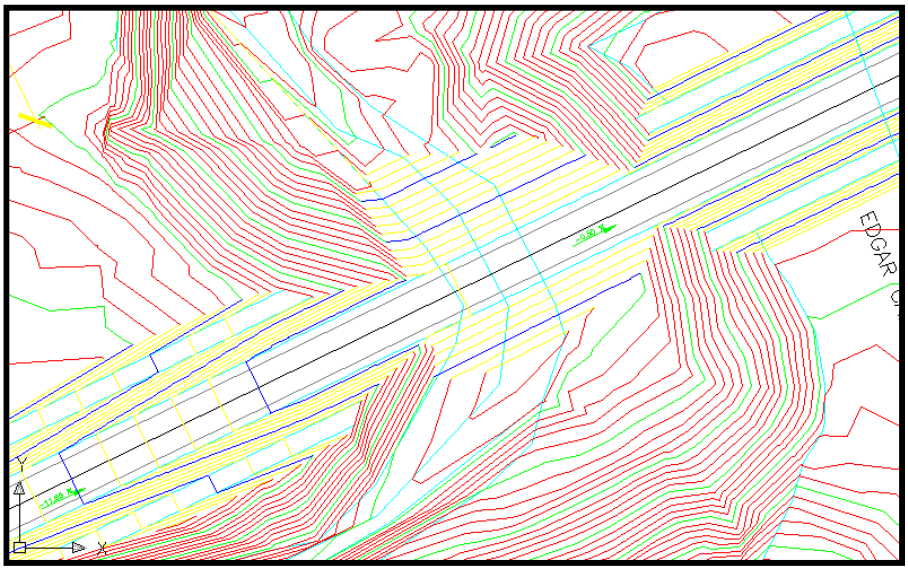
Figura 5.29
Perfil en cruce de Tubería Quebrada Guayacán.



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

La figura 5.30 detalla la misma sección en planta.

Figura 5.30.
Planta en cruce de tubería, quebrada Guayacán



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

La recomendación sería la construcción de un puente-tubo para el paso de esta tubería. En la fotografía 5.6 se observa un diseño de puente similar de una longitud de 75 m.

Fotografía 5.6
Ejemplo de puente tubo en el P.H Cariblanco.

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

El volumen de concreto estimado es de 1 500 m³ para los bastiones y los apoyos de este puente, así como para los rellenos de confinamiento si fueran necesarios, el acero de refuerzo requerido sería del orden de las 75 ton.

Concreto lanzado

Debido a las condiciones del clima en la zona, así como las pendientes de los taludes de excavación, será necesaria la aplicación de concreto lanzado en el fondo de la trinchera para evitar la erosión por el agua y en los taludes de corte para proteger y estabilizar los mismos.

Concreto lanzado fondo de trinchera

Este se colocará con la finalidad de evitar la erosión en el fondo de la trinchera y por ende la socavación de las monturas que soportan la tubería. Esta erosión sería producto de la escorrentía durante las lluvias. Es factible colocar concreto convencional, si la topografía y los medios lo permiten (ver fotografía 5.7). El área a tratar es de 12 100 m², lo que correspondería a 1 400 m³ de concreto lanzado colocando un espesor de 10 cm.

Concreto lanzado en taludes

El concreto lanzado en los taludes de la trinchera de la tubería, se colocará hasta el nivel de berma (incluye revestimiento de cunetas y contra cunetas) con malla electrosoldada y concreto lanzado (6 cm de espesor; ver fotografía 5.8).

El área por tratar es 13 300 m², lo que correspondería a 1 450 m³ de concreto lanzado colocando un espesor de 6 cm. Adicionalmente para la estabilización de las excavaciones de los bloques de anclaje se requiere un volumen de 385 m³.

Este concreto será producido en un fogón (dosificador manual de concreto) que se colocará en las cercanías de la subestación.

Bloques de anclaje.

Los trabajos en concreto reforzado para los bloques de anclaje “PI” (cambios de dirección), tienen la función de anclar la tubería al suelo en los puntos de mayor esfuerzo que corresponde a los cambios de dirección. En total son siete unidades (del PI-2 al PI-8) a construir. El PI-1 está dentro del túnel.

Cada uno de los bloques de anclaje se chorrean en dos etapas, la primera etapa se realiza hasta nivel de piso de trinchera y la totalidad del acero de refuerzo vertical estará embebido en esta etapa. La segunda etapa de los bloques se realiza una vez instalada la sección de tubería correspondiente (alineación completa mediante un minucioso levantamiento topográfico). Si constructivamente es factible se podrán chorrear en tres etapas.

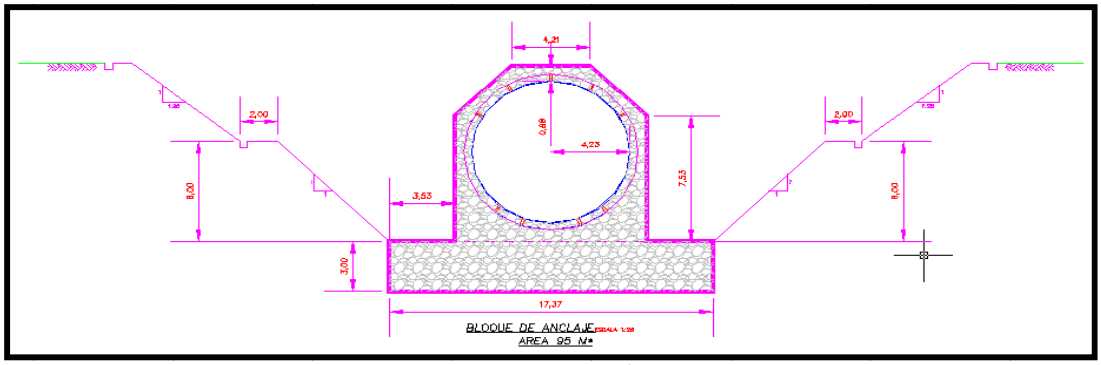
El volumen estimado de concreto por bloque es de 950 m³ para un total de 6 650 m³. El acero de refuerzo requerido es de 309 ton. En la figura 5.31 se observa una posible sección transversal de un bloque de anclaje, con un área de sección de 95 m².

Evidentemente la excavación correspondiente a los bloques de anclaje afectará el dimensionamiento de la sección de excavación de la trinchera, por lo que se efectuará paralela a esa excavación.

Fotografías 5.7 y 5.8.
Etapas de chorreas de bloques

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

Figura 5.31
Bloque de anclaje

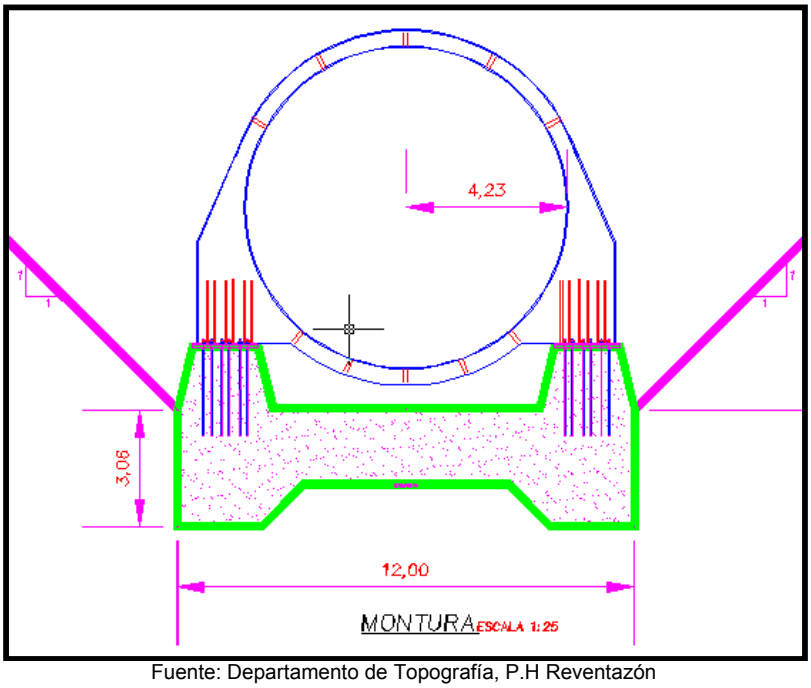


Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Monturas de concreto

Se deben construir a cada 24 m hasta el PI-6 y a 27 m entre el PI-6 y el PI-7 para soporte de la tubería, con dimensiones estimadas de 12 x 2 x 3 (ver figura 5.32). Se estima un total de 30 monturas, con un volumen de 72 m³ por montura para un total de concreto de 2 160 m^3 y una cantidad de acero de refuerzo de 102 ton (densidad de acero 47,2 kg/m^3).

Figura 5.32
Monturas



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

La excavación de las monturas se realizará una por una, esto después de haber terminado la excavación de la trinchera y a partir del PI-4 hacia el FT, lo anterior con la finalidad de poder llegar a cada una con la armadura terminada y de esta forma colocarla, alinearla y realizar la chorrea correspondiente. El volumen de corte de cada montura es de 95 m³ de material suelto. Para este tramo, el volumen de corte es de 2 850 m³ (30 monturas), material que será depositado en la escombrera Nº 3.

Las monturas comprendidas entre el PI-4 y el PI-5 se excavarán junto con la excavación de trinchera, esto debido a la inclinación del tramo (8 monturas).

Para el caso de la construcción de las monturas, se realizarán de dos maneras, a saber:

Confección de armadura completa en patio:

Las armaduras de las monturas por colocar entre el FT y el PI-5 serán elaboradas en los patios para que una vez terminadas sean transportardas hasta el sitio de colocado. El peso estimado de estas armaduras es de 3 900 kg. Estas estructuras se colocarán en sitio y se les dará su ubicación correspondiente, para ayudar a agilizar los trabajos en la

zona (fotografía 5.9). El colocado se realizará con la utilización de una grúa acorde a los requerimientos. Estas monturas serán coladas en una sola chorrea (fotografía 5.10)

Fotografías 5.9 y 5.10.
Armado y colado de monturas en una sola etapa.

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

Confección de armadura en sitio

Las armaduras de las monturas a colocar entre el PI-4 y el bifurcador serán elaboradas en sitio debido a lo complicado del terreno (pendiente). Los aceros de estas monturas serán doblados en taller, pero estas se armarán en sitio y se colarán en dos etapas (ver fotografías 5.11 y 5.12).

Fotografías 5.11 y 5.12
Etapas de chorrea de Monturas

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

Montaje Tubería

El montaje de la tubería consiste en la colocación, fijación y unión de todos los tubos que conforman el trazado desde el tanque de oscilación hasta la casa de máquinas.

Esta tubería está formada por tubos de longitudes variables en un rango comprendido entre los 2 y 7,5 m. El peso y maniobrabilidad de los tubos definirán la longitud de cada uno, de acuerdo con los equipos existentes y disponibles. Se estima que toda la tubería de alta presión pesa 6 470 toneladas aproximadamente.
La tubería tiene distintos espesores, comenzando en 21 mm en el tanque de oscilación y terminando en 39 mm en la casa de máquinas, exactamente antes de las válvulas de admisión. En la fotografía 5.13 se observa un detalle del proceso de montaje de la tubería.

El blindaje del túnel estará compuesto por tubos de 7,7 m de diámetro, con espesores de 21 mm. Los tubos tendrán una longitud de 6 m. La longitud de los tubos puede variar dependiendo del acceso a cada sección del túnel.

Se estima que toda la tubería para los blindajes del túnel pesa 290 ton aproximadamente.

Para el montaje se ubicará un malacate eléctrico de gran capacidad, se colocarán vías de ferrocarril y se fabricará un carro especial para transportar los tubos. Para poder transportar los tubos será necesario realizar el traslado en un camión con una carreta *Low Boy*, desde la fábrica al sitio donde se iniciará el traslado por medio del malacate. Con ayuda de una grúa de 75 ton de capacidad o más, se descargará el tubo en la línea de operación del malacate. Por medio del malacate se procederá a trasladar los tubos a su posición final.

Fotografía 5.13
Montaje de tubería y blindajes

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

Fábrica de tubos

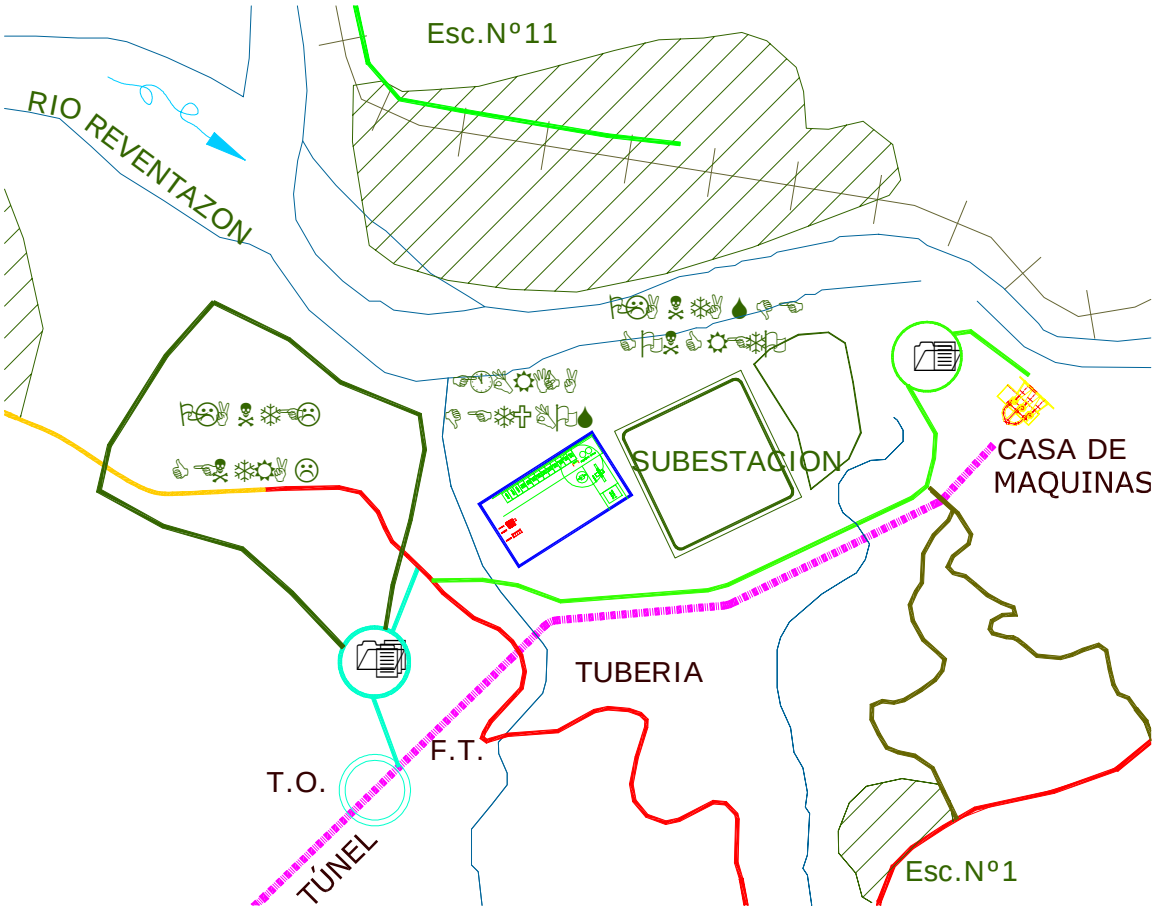
Los tubos serán fabricados en el sitio, para los blindajes del túnel de conducción y la tubería de presión.

Para el tanque de oscilación, existe la posibilidad de que se tenga que fabricar en forma conjunta entre la fábrica del MET (Maquinaria, Equipo y Talleres) ubicada en la Garita, Alajuela y la fábrica a ubicar en la obra. Lo anterior obedece a la capacidad y logística constructiva que se requiere para satisfacer los montajes.

El proceso de fabricación de las tuberías consistirá en: recepción de láminas de acero, cuadrado y biselado, predoblado y rolado de las láminas, armado para soldadura longitudinal, soldadura longitudinal, armado para soldadura circunferencial, soldadura circunferencial, confección anillos rigidizadores, armado y soldadura de anillos rigidizadores, s*and blasting* (granallado) y finalmente trabajos de pintura. A todas las actividades mencionadas anteriormente se les realizarán pruebas e inspecciones metalmecánicas rigurosas, con el propósito de garantizar la calidad de la obra en general.

El sitio de ubicación de la fábrica de tubos estaría a unos 800 m del TO y a una distancia de 300 m del FT (ver figura 5.33).

Figura 5.33
Ubicación de fábrica de tubos

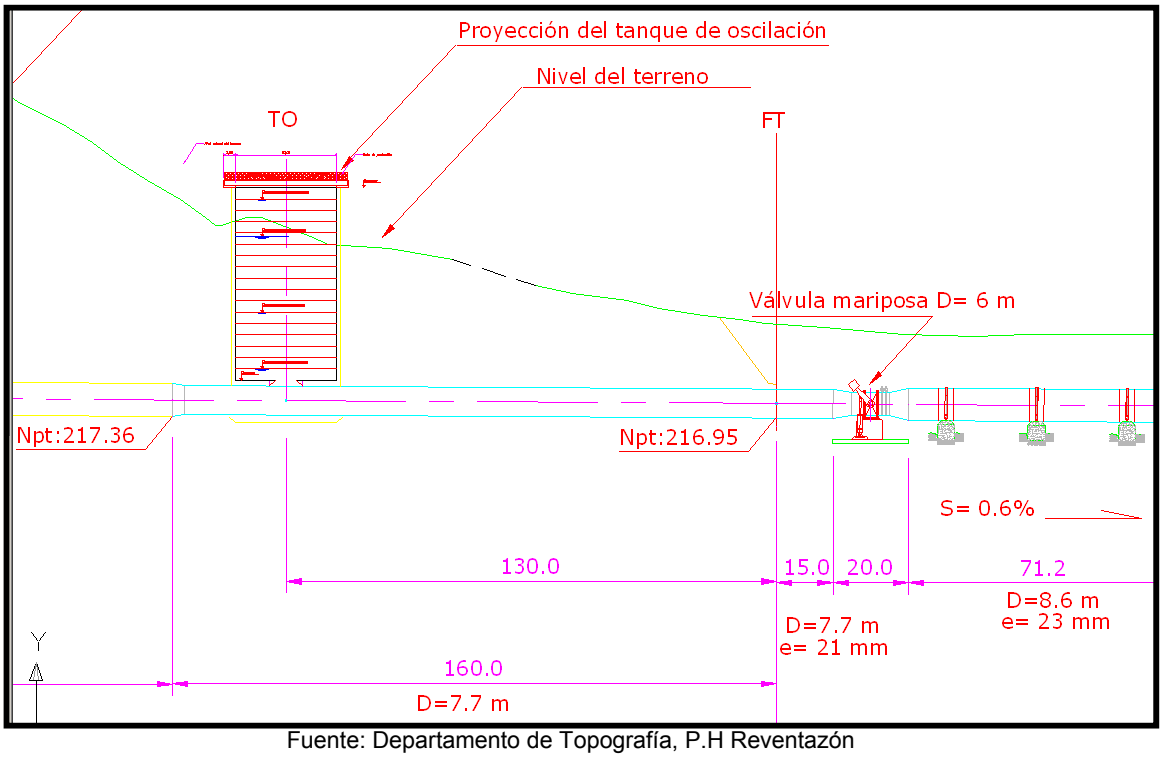


Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Tanque de Oscilación

Está ubicado 130 m antes del final del túnel, por lo que será una estructura semienterrada. En la figura 5.34 se ilustra la posición de la obra en perfil.

Figura 5.34
Perfil Tanque de Oscilación



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

El tanque de oscilación es una estructura de 51 m de altura, semienterrado. Se fabricará en anillos de 3 m de altura, con acero similar al A-537 grado 50 y un diámetro de 27 m, con espesores que varían de 34 mm (parte inferior) hasta 10 mm (parte superior) y un peso de 1 050 ton.

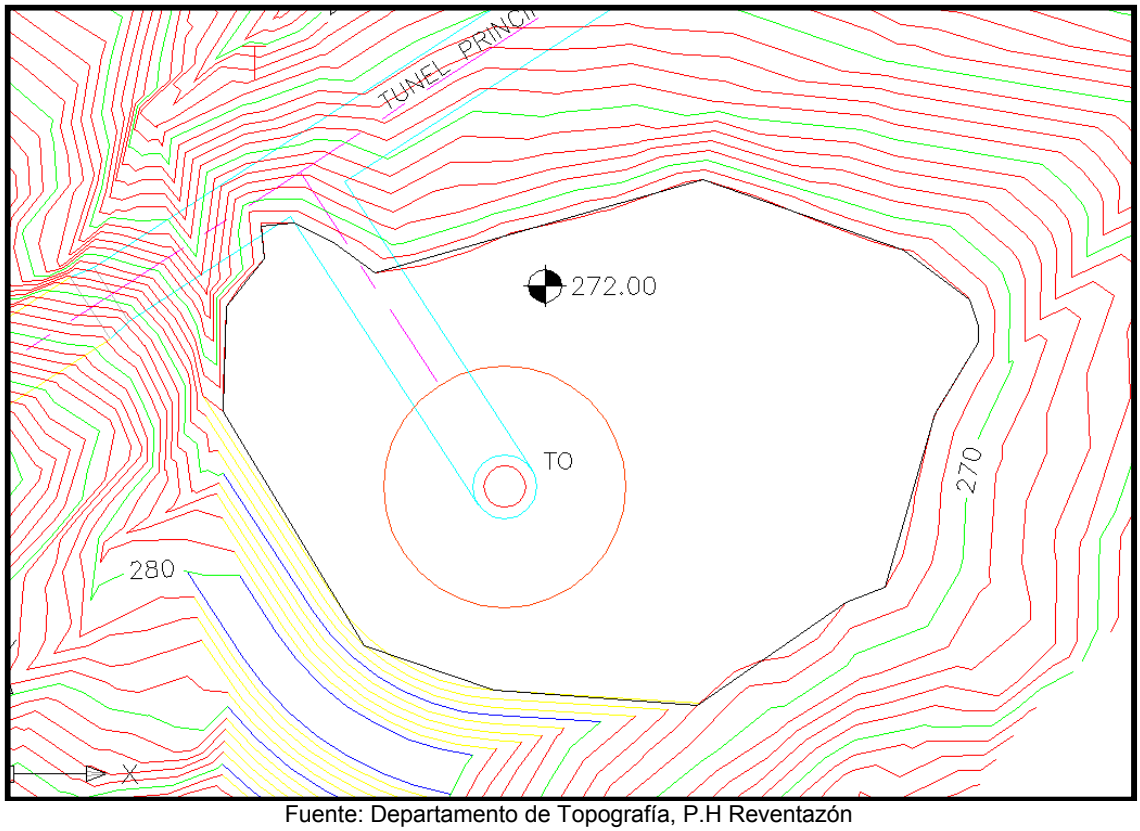
El proceso constructivo incluye la conformación de la terraza, excavación estructural, relleno de confinamiento y montaje.

Conformación de terraza

Con el propósito de conformar una terraza de 4 150 m^2, se procederá a limpiar la zona alrededor del tanque. Esta corresponde a una plantación forestal, la cual sería aprovechada maderablemente en caso de que al momento de adquirir la propiedad aún se encuentre esta plantación. (Figura 5.35).

El volumen de suelo a cortar es de 40 000 m^3 en banco, lo que corresponde a 54 000 m^3 de material suelto, el mismo será depositado en la escombrera Nº 2.

Figura 5.35
Terraza TO



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Excavación estructural

Esta etapa se realizará mediante la construcción de un pozo central de 5 m de diámetro y 50,4 m de profundidad, para un volumen de 13 540 m³ sueltos, con anillos de acuerdo a la recomendación de geotecnia, hasta alcanzar el nivel del túnel. Este pozo estará a una distancia de 45 m de la línea de centro del túnel principal por lo que se deberá excavar un túnel perpendicular a este hasta topar con el pozo. Este túnel será del mismo diámetro del túnel principal.

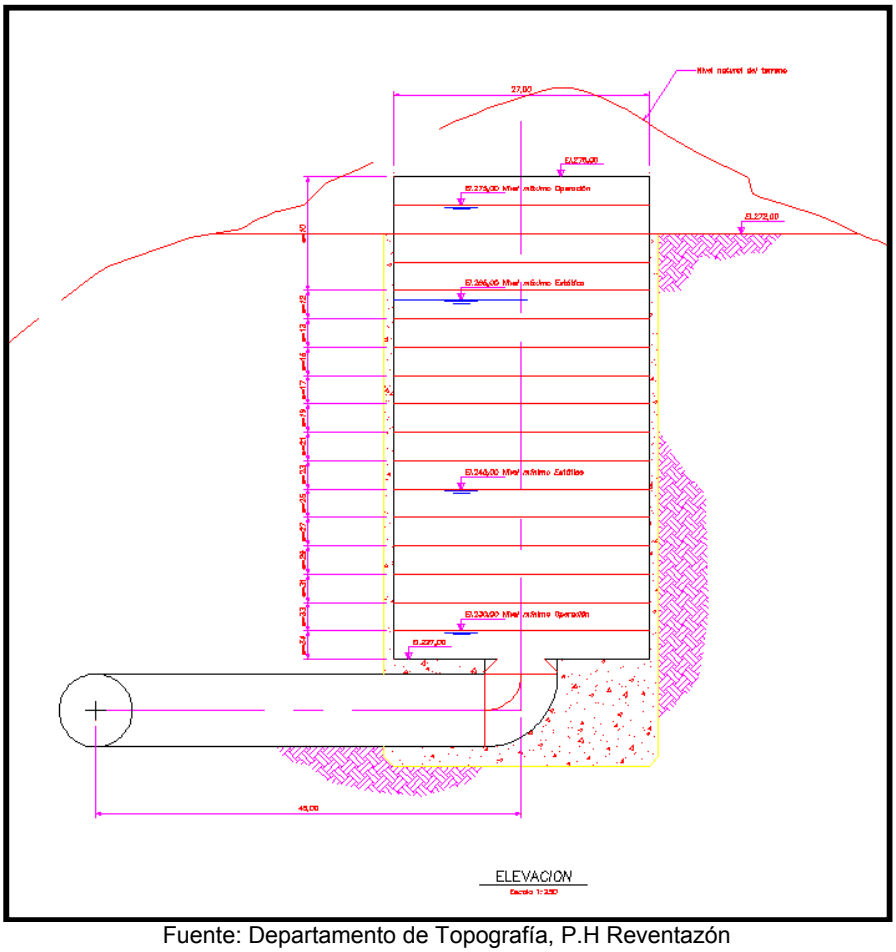
Una vez finalizado este pozo y el túnel de 45 m se ampliará hasta un diámetro de 29 m para los primeros 45 m de profundidad volumen estimado 40 200 m³ sueltos.

El material producto de la excavación se retirará por medio del pozo central. Este material caerá hasta el fondo del pozo, por medio del túnel de 45 m será retirado utilizando equipo de cargado. Este material se trasladará hasta afuera del túnel por el FT.

La protección correspondiente a la excavación propia de este pozo será acorde a los requerimientos indicados por el área de geotecnia. En la figura 5.36 se detalla un perfil de corte para la excavación de la obra.

El material producto de la excavación del TO tanto a nivel de terraza como de excavación del pozo, será depositado en la escombrera Nº 2.

Figura 5.36
Perfil longitudinal TO



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Relleno de confinamiento

Conforme se avance con la colocación del acero del TO será necesario ir rellenando el vacio que corresponde a la sobre excavación que para este caso es de 80 cm de espesor. El material a utilizar es concreto con una resistencia de 140 kg/cm². Este confinamiento llegará hasta nivel de terraza, en la elevación 272 m.s.n.m.

Montaje

La obra tiene un diámetro interno de 27 m, con espesores comprendidos entre 34 mm y 10 mm. Cada anillo tendrá una altura de 3 m con un peso estimado de 1 050 ton aproximadamente.

Subestación y líneas de transmisión

Generalmente los grandes centros de carga de un sistema eléctrico se encuentran en las zonas urbanas, a extensas distancias de las plantas generadoras. Por lo anterior se hace

necesario transmitir la energía a través de grandes distancias, para lo que se requiere elevar la tensión a niveles que permitan minimizar las pérdidas generadas por la transmisión de electricidad.

Parte importante de este proceso de transmisión son las subestaciones, las cuales permiten conectar al sistema eléctrico nacional los diferentes proyectos de generación, estas pueden ser elevadoras o reductoras, dependiendo de la ubicación de las mismas en el proceso de transmisión.
Para el caso de este proyecto, se trata de una subestación elevadora, la cual toma la energía generada por el proyecto a un nivel de tensión de 13,8 kV, y lo eleva a 230 kV, permitiendo enlazar los puntos de generación con los de consumo, estrategia que ha permitido disponer de energía de alta calidad a lo largo del país.

Por lo anterior podemos entonces establecer que la función de la subestación es la de permitir la conexión del proyecto al Sistema Eléctrico Nacional (S. E. N).

La subestación consta de dos secciones de voltaje, una a 230 kV, que permite la interconexión al S. E. N, y la otra a 34,5 kV, la cual permite suministrar el servicio propio de alimentación para operación de la planta.

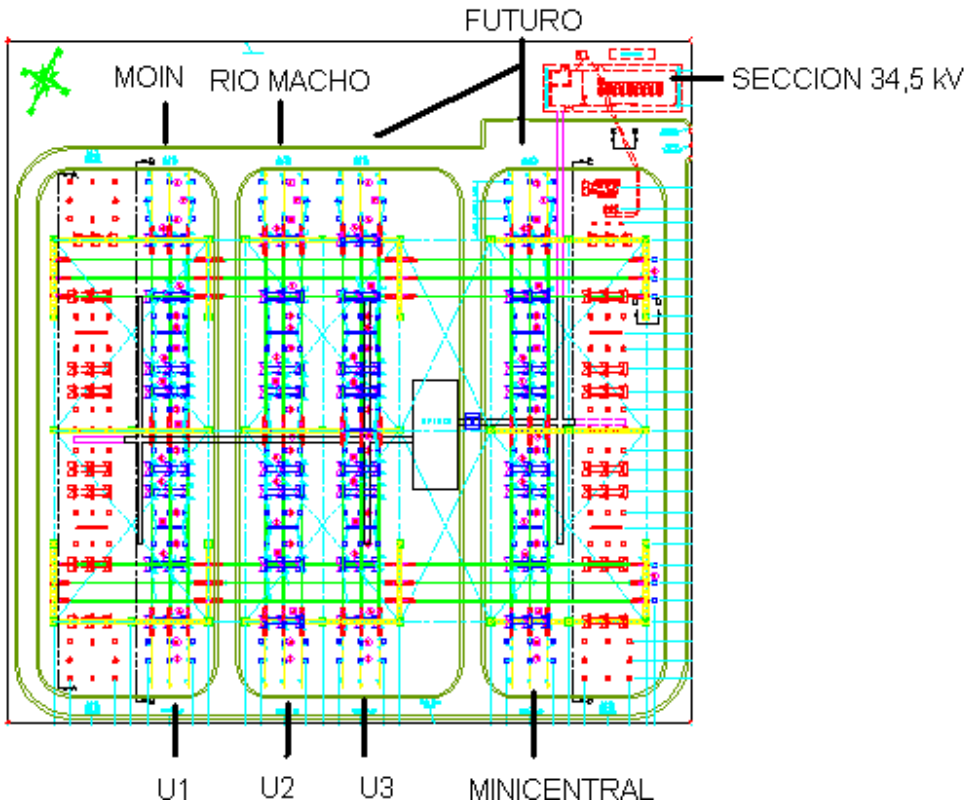
Esta subestación se ubicaría cerca de la casa de máquinas del proyecto, en la margen derecha del río Reventazón, ubicándose en la jurisdicción del cantón de Siquirres.

Esta subestación constará de:

4 secciones transformación 230 kV
4 secciones de línea en 230 kV
1 sección de reserva en 230 kV
1 sección reductora 34,5 kV
1 sección servicio propio 34,5 kV
1 sección línea 34,5 kV
1 sección de reserva 34,5 kV
1 Caseta control (Búnker)
1 Taller Mantenimiento

Adjunto se muestra una posible distribución de los módulos para la subestación:

Figura 5.37
Distribución de módulos para la subestación



Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE

El área del lote es de 200 m x 200 m aproximadamente, cercado por una tapia de bloques de concreto.

El lado de 230 kV tendrá 60 m de largo por 100 m de ancho y se utilizarán columnas tipo celosía de acero de 22 m de alto con previstas para soportar vigas también tipo celosía de 20 m de ancho, apoyadas simplemente a una altura de 13 m (las que recibirán a las barras auxiliares y a la barra principal) y a 18 m (las que recibirán a la barra de enlace). Para la línea serán cadenas sencillas de aisladores de tensión con conductor sencillo (CST-CS). Cada cadena tendrá 18 aisladores.

A una altura de 4 m sobre las barras irá el hilo guarda, cuyo calibre será 12,7 mm Ø (½"), una varilla tipo Franklin de 1,50 m de largo, que hará función de pararrayos. Cada una de estas varillas se conectará a la malla de puesta a tierra por medio de cable 4/0= AWG, que se fijará a la estructura en siete puntos (un conector cada 7 m).

En el cuadro siguiente se resumen las características de diseño principales de estas obras de transmisión:

Cuadro 5.6

Características de diseño de las obras de la subestación y transmisión del P.H Reventazón

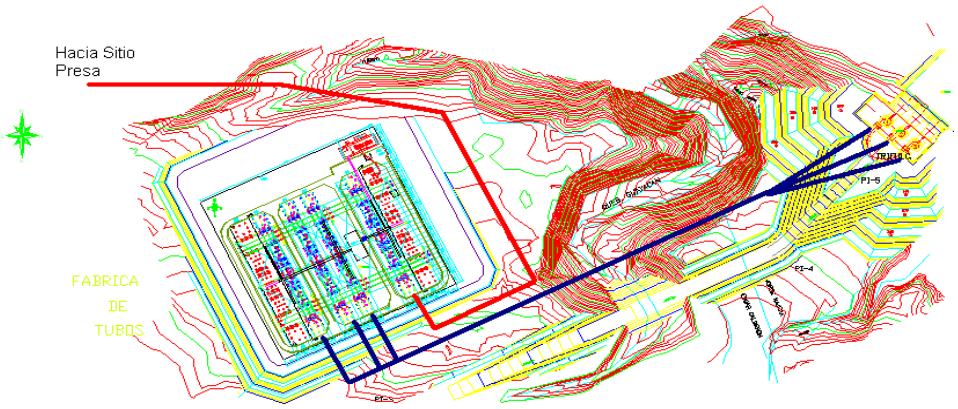
Característica	**LT Reventazón-Moin**	**ST Reventazón**
Voltaje nominal (kV)	230	230
Voltaje máximo (kV)	245	245
Longitud (km)	4	—
Número de circuitos	2	—
Capacidad de transformación (MVA)	—	100
Número de secciones de línea a 230 kV	—	3
Número de secciones de transformación	—	4
Número de secciones de reserva	—	1
Resistencia de puesta a tierra (Ω)	< 10	< 1
Número de hilos de guarda (*)	2	—
Ancho de servidumbre (m)	30	---
Claro mínimo entre conductores y superficie (m)	8	---
Campo eléctrico máximo en el borde de la servidumbre (kV/m)	2,0	—
Campo eléctrico máximo dentro de la servidumbre (kV/m)	8,0	—
Campo magnético máximo en el borde de la servidumbre (mG)	150	—

(*) Uno de ellos contiene fibra óptica (OPGW)

Fuente: Elaboración propia, Ing. Kermit Carvajal, P.H Reventazón.

Para la conexión ente la casa de máquinas y la subestación es necesario utilizar torres y/o postes de transmisión, estas estructuras son metálicas, galvanizadas para soportar las condiciones climatológicas. Generalmente se colocan a una distancia promedio de entre 400 y 500 cada una, y deben tener una altura de tal de forma que garanticen una distancia mínima de 10 m entre la fase más baja de cada circuito. De esta misma forma se debe construir una línea de transmisión desde el sitio de la presa hasta la subestación, para conectar la minicentral, para esto se deben necesitar entre 4 y 5 postes o torres.
Además, se debe limpiar una servidumbre de por lo menos 15 m a cada lado de la línea de centro de la ruta de la línea, tal y como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 5.38
Vista de la entrada de la línea de casa de máquinas a la subestación.

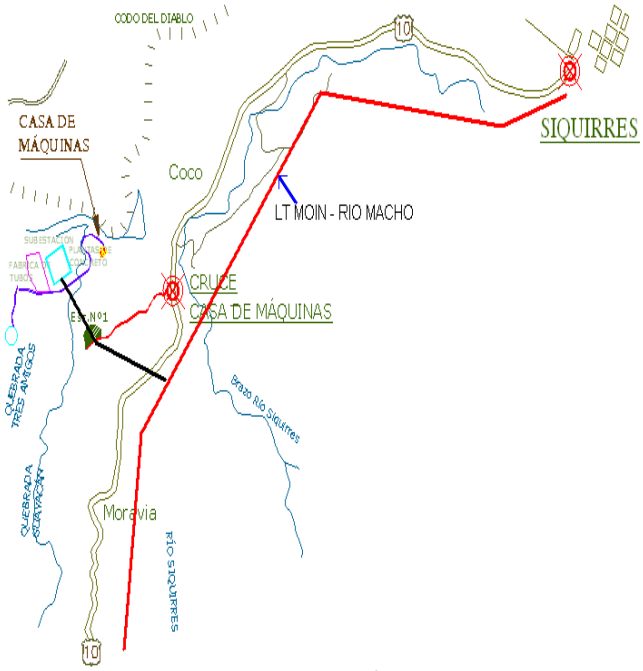


Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Para conectarse con el Sistema Eléctrico Nacional se deberá construir un tramo de línea de 1,8 Km para entroncar con la línea de transmisión que va desde la subestación Moín hasta la subestación de Río Macho, conocida como LT Moín – Río Macho. Por la topografía se requiere de entre 8 y 10 torres para poder realizar el trabajo de conexión.

La siguiente figura (figura 5.39) presenta el trabajo que debe realizarse para la interconexión:

Figura 5.39
Trazado de la línea alterna



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Para este tramo de línea se utilizarán torres de montaje vertical de doble circuito como la que se muestra en la siguiente fotografía (5.14):

Fotografía 5.14
Ejemplo de torres de montaje

Fuente: Tomada por el Ing. Kermit Carvajal, P.H Cariblanco, ICE

Para este tramo de línea también es necesario considerar una servidumbre de 15 m de ancho hacia cada lado de la línea de centro del tendido.

El proceso constructivo de la subestación incluye movimiento de tierras, trazado y excavación de cimentación, concretos y trabajos de urbanización, armado de estructuras, montaje de equipos, cableado, colocación de balasto y pruebas finales.

Movimiento de tierras

Consiste en el acondicionamiento del área, para lo que se realizará una excavación estructural y la remoción de material por corte del terreno. Dicho material será ubicado en las escombreras cercanas a la obra.

Trazado y excavaciones de cimentación

Una vez conformada el área de trabajo se procede a marcar con topografía la ubicación de los cimientos para los marcos y equipos de la subestación.

Concretos y trabajos de urbanización

Después de trazada el área de trabajo se procede a iniciar con las labores necesarias para la colocación de los cimientos de la obra, además, se inician también los trabajos del cuarto de control y el sistema de manejo para aguas.

Existen básicamente dos tipos de cimientos, los que se chorrean en sitio y los que se prefabrican para luego ser trasladados al sitio. Los primeros son básicamente los que se necesitan para soportar las estructuras metálicas de los marcos de la subestación y el del transformador de potencia. Los otros cimientos, son prefabricados y se utilizan para soportan los equipos internos de cada módulo de la subestación, los cuales son fabricados en un área aledaña, para luego ser trasladados al sitio para su alineamiento final.

Además, se debe construir un cuarto de control, conocido como búnker, el cual consiste en un edificio de bloques de concreto con un área aproximada de 170 m^2, dividido en dos secciones, una para los tableros de control, protección y medición, y la otra sección para el cuarto de baterías y baño.

Las obras de urbanización consisten en la construcción de drenajes y pozos para el manejo de las aguas internas. Para delimitar el área total de la obra, se utilizará un muro de bloques de concreto, el cual evitará el ingreso de personal no autorizado, una vez que la misma esté funcionando.

Armado estructuras

Esta etapa se puede iniciar conforme se termina de chorrear cada uno de los cimientos de los marcos de la subestación. Una vez colocadas todas las torres, se procede a colocar las vigas. Las torres de la sección de 230 kV tienen 23 m de altura, mientras que las de la sección de 24,9 kV tienen una altura de 12 m.

Una vez armada completamente la estructura del marco de la subestación, se procede a instalar el hilo guarda y los pararrayos, así como los conductores internos (ver fotografías 5.15 y 16).

Fotografías 5.15 y 5.16
Armado de estructuras

Fuente: Tomada por el Ing. Kermit Carvajal, P.H Cariblanco, ICE

Montaje de equipos

Finalizada la fase de armado de la estructura exterior, y con los cimientos prefabricados ubicados en sitio, se inicia la instalación de los equipos de cada uno de los módulos. Posteriormente, los equipos deben calibrarse (ver fotografías 5.17 y 18).

Fotografías 5.17 y 5.18
Montaje de equipos

Fuente: Tomada por el Ing. Kermit Carvajal, P.H Cariblanco, ICE

Cableado

Para esta etapa se requiere que ya se hayan instalado los equipos y canastas, así como que se encuentren ubicados los tableros de control dentro del búnker. Una vez cumplidos estos requisitos se inicia el proceso de tirado de cable de control desde cada uno de los módulos hasta su respectivo tablero y/o módulo.

Colocación de balasto

Este proceso consiste en colocar una capa de piedra cuarta de 30 cm en toda el área de la subestación, para lo cual se utiliza la maquinaria necesaria para esparcir el material, lo cual se puede hacer una vez que ya se está seguro de que se concluyó con los trabajos de la malla de tierra y colocación de drenajes y tubería para agua y cable respectivamente.

Pruebas

Una vez finalizadas todas las etapas anteriores, se procede a iniciar las pruebas de potencia y control para cada uno de los módulos de la subestación.

Operación

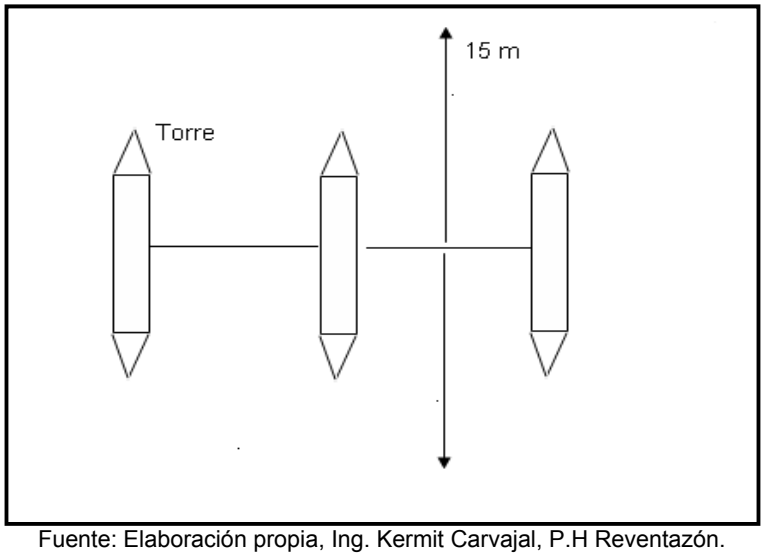
Para esta etapa, se requiere que se hayan concluido satisfactoriamente las pruebas, además de que se cuente con la subestación debidamente energizada.

El proceso constructivo de la línea de transmisión interna incluye adquisición de servidumbres, armado de bases, relleno y compactación, armado de cuerpo de torre y tendido y flechado.

Adquisición de Servidumbres

En caso de que el trazo de la línea esté fuera de propiedades ICE, se debe adquirir un derecho para la servidumbre de la línea de transmisión. Este generalmente contempla una distancia de 15 m a cada lado de línea de centro del tendido, tal y como se observa en la siguiente figura 5.40:

Figura 5.40
Esquema típico de una servidumbre para una torre de transmisión

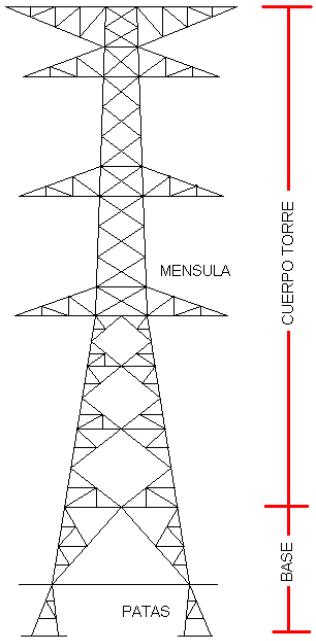


Fuente: Elaboración propia, Ing. Kermit Carvajal, P.H Reventazón.

Armado de Base

La base es la estructura principal de la torre. Consiste en la excavación de los cuatro huecos para las patas de esta estructura. En la siguiente figura se desglosan las partes de una torre de transmisión.

Figura 5.41
Esquema típico de una torre de transmisión



Fuente: Elaboración propia, Ing. Kermit Carvajal, P.H Reventazón.

La dimensión de cada hueco para las patas de una torre va a depender del tamaño de la torre y del alargamiento de cada pata, ya que no necesariamente todas las patas están al mismo nivel. Por la topografía de los sitios, se requiere en ocasiones colocar patas más largas o más cortas para que la base como un todo quede a un mismo nivel. En promedio un hueco es de 3 x 3 m, con una profundidad de hasta 5 m.

Para amarar la pata se le coloca concreto pobre en el fondo de la parrilla

Relleno y Compactación

Una vez armada la base, se verifica con topografía para asegurarse que los valores de niveles y diagonales entre cada pata esté dentro de las tolerancias. Como paso siguiente se inicia el proceso de relleno y compactación de los huecos.

Armado Cuerpo Torre

Esta actividad se inicia una vez que se concluye el proceso de compactación de la base y se utiliza un chapulín o malacate para poder estar subiendo las piezas de cada sección. Además, se utiliza una pluma estructural para el trabajo de armado (ver fotografías 5.19 y 20).

Fotografías 5.19 y 5.20
Armado del cuerpo de las torres

Fuente: Tomada por el Ing. Kermit Carvajal, P.H Cariblanco, ICE

Tendido y Flechado

Este trabajo consiste en la colocación de los conductores, iniciando por el hilo guarda, a los cuales debe dárseles la tensión indicada por el diseñador (ver fotografías 5.21 y 5.22).

Fotografías 5.21 y 5.22
Tendido y flechado

Fuente: Tomada por el Ing. Kermit Carvajal, P.H Cariblanco, ICE

Casa de máquinas
Es de tipo superficial, construida en concreto de alta resistencia. Tendrá 5 niveles de entrepiso. Albergará un equipo turbogenerador compuesto por tres turbinas Francis con una capacidad nominal de 284,5 MW de potencia. La caída neta es de 134 m entre el tanque de oscilación y la casa de máquinas.

Las etapas de la obra son la excavación, manejo de aguas y construcción de la edificación.

Excavación

La excavación del sitio para la construcción se divide en dos etapas:

- Excavación a cielo abierto.
- Excavación vertical

Excavación a cielo abierto

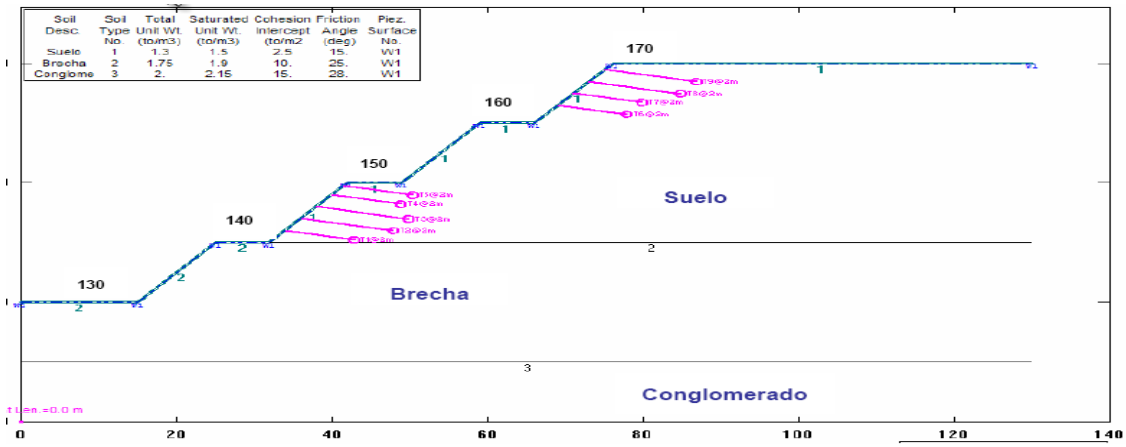
La excavación está diseñada tomando en cuenta los parámetros geotécnicos. Los taludes tienen una altura de 10 m con una berma intermedia de 7 m de ancho. Son 4 taludes que inician en la elevación 170 m.s.n.m. y finalizan en la elevación 130 m.s.n.m. La inclinación de ellos es 1:1. A partir de esta elevación, el tipo de suelo permite una excavación con cortes verticales.

Para lograr estabilidad en los taludes, se requiere reforzarlos con malla electrosoldada, concreto lanzado y pernos sistemáticos. Entre la elevación 170 y 160 msnm, se colocarán 4 filas de pernos distribuidos a lo largo de la cara del talud. Los pernos de una misma fila estarán distanciados entre ellos a cada 2 m. Para los taludes entre las elevaciones 150 y 140 m.s.n.m., se requerirá colocar 5 filas de pernos. La separación entre pernos de las mismas filas es similar a los taludes anteriores. A partir de la elevación 140 m.s.n.m. hay una transición de suelo a brecha, donde no se estipula colocar pernos en el último talud. Dependiendo de la calidad del material excavado a partir de la elevación 140 m.s.n.m., este se puede utilizar en el dique de protección. En la elevación 130 msnm se construirá una terraza que servirá para la movilización de equipo en los trabajos del pozo.

Se contempla el uso de explosivos en aquellos sitios donde se requiera.

En aquellos taludes donde exista peligro de deslizamiento o inestabilidad por efecto de presiones de agua subterránea provenientes de niveles freáticos o de acuíferos arterianos se harán drenajes para abatir la carga hidráulica. Si fuera necesario también se procedería a colocar pernos, mallas electrosoldadas y concreto lanzado.

Figura 5.42
Esquema geotécnico de la excavación de CM



Fuente: Elaboración propia, Ing. Fabio Ulate, P.H Reventazón.

Excavación vertical

A partir de la elevación 130 m.s.n.m. y hasta la base o nivel de desplante de la cimentación de la obra, 106 m.s.n.m., existe una estratigrafía muy homogénea donde en la parte superior hay una brecha y subyaciendo a esta un conglomerado. Ambos tipos de materiales permiten realizar cortes verticales con la implementación de las debidas obras de estabilización.

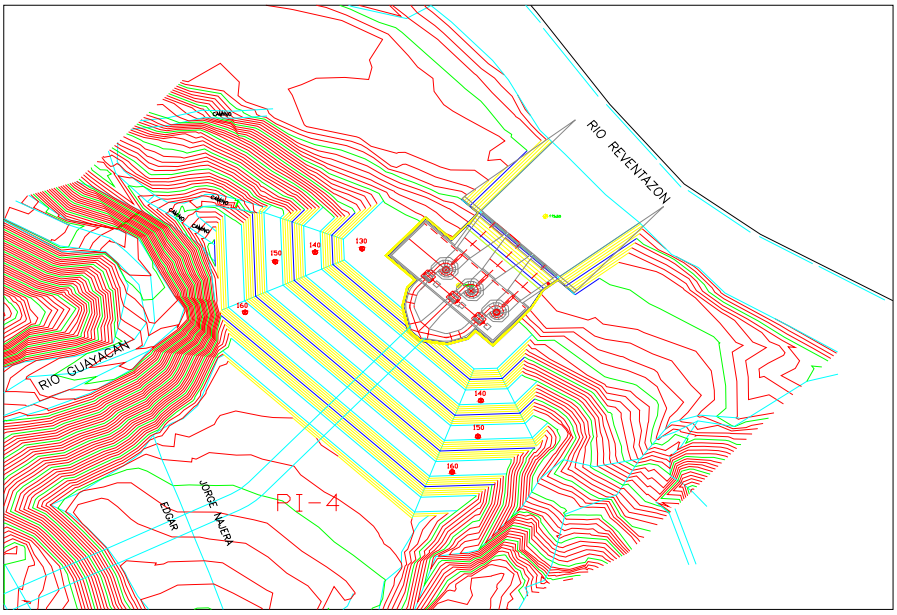
La excavación vertical tendrá dos frentes de trabajo. El primero de ellos iniciará desde la terraza ubicada en la elevación 130 m.s.n.m. Simultáneamente, comenzará el segundo frente de trabajo, con la excavación de la cámara de restitución.

a) Corte vertical: Se estipula hacer un corte vertical de 24 m. Para lograr la estabilidad del suelo, se utilizará un refuerzo temporal pasivo de varilla #8 con una longitud de 6 m. La separación vertical será de 2,5 m y la separación entre filas de 2,5 m. Además, se colocará malla electrosoldada y concreto lanzado.

   A partir de la elevación 120 msnm se encuentra el nivel freático, por lo que es necesario colocar un sistema de drenaje que permita evacuar la carga de agua, de modo que el corte vertical se mantenga sin saturación. Se contempla el uso de explosivos en aquellos sitios donde se requiera.

b) Cámara de restitución: Esta excavación es a cielo abierto. El tratamiento de los taludes es similar a la primera parte de la excavación, por lo que no se volverá a describir el proceso constructivo. El camino llegará hasta esta excavación, sitio por el cual se introducirán los materiales para la construcción.

Figura .5.43
Excavación de casa de máquinas



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Todo el material de ambas excavaciones se depositará en la escombrera N°3. El volumen de excavación total es 262 000 m^3 en banco. La maquinaria a utilizar para este movimiento de tierras es similar a la utilizada para la construcción del camino interno solo que en mayor cantidad.

Se contempla el uso de explosivos en aquellos sitios donde se requiera (ver fotografías 5.23 y 24).

Fotografía 5.23 Proceso de desmonte y limpieza

Fotografía 5.24. Excavación a cielo abierto

Fuente: Tomada por el Ing. Fabio Ulate, P.H Cariblanco

Manejo de aguas

Para manejar las aguas durante la construcción se procederá a construir diversos sistemas de protección y evacuación, entre los que se encuentran los siguientes:

- Dique de protección
- Sistema de bombeo
- Cunetas
- Contracunetas
- Sedimentadores
- Sistema de aguas negras y residuales

Dique de Protección

Esta es una obra muy importante, ya que siempre la casa de máquinas se encuentra contiguo a un agente fluvial. En este caso se trata de uno de los ríos más caudalosos de Costa Rica por lo que el dique tiene que ser lo suficiente grande para proteger todo lo relacionado con la construcción durante las avenidas máximas.

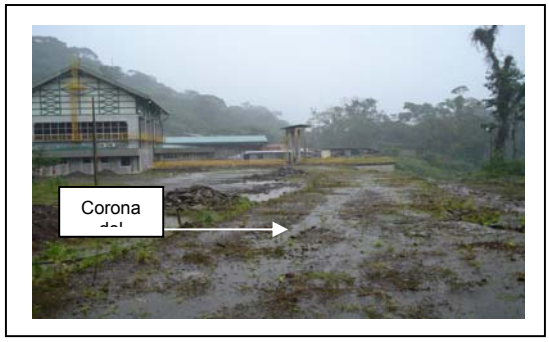
El dique tendrá una longitud de 500 m. Iniciará en la desembocadura de la quebrada Guayacán con el río Reventazón y terminará 100 m aguas abajo de la cámara de restitución. Su sección será trapezoidal con una base mayor de 35 m y una base menor, corona del dique, de 5 m, mientras que la altura será de 10 m.

El volumen del material que requiere el dique es 121 000 m^3. La gran mayoría del material provendrá del propio río, pero otra parte se tomará de la excavación de la casa de máquinas.

Adicional al dique, se tendrá que canalizar la quebrada Guayacán para evitar inundaciones en la terraza de trabajo.

Fotografía 5.25. Dique de protección

Fotografía 5.26. Corona del dique



Fuente: Tomada por el Ing. Fabio Ulate, P.H Cariblanco

Sistema de Bombeo y sedimentadores

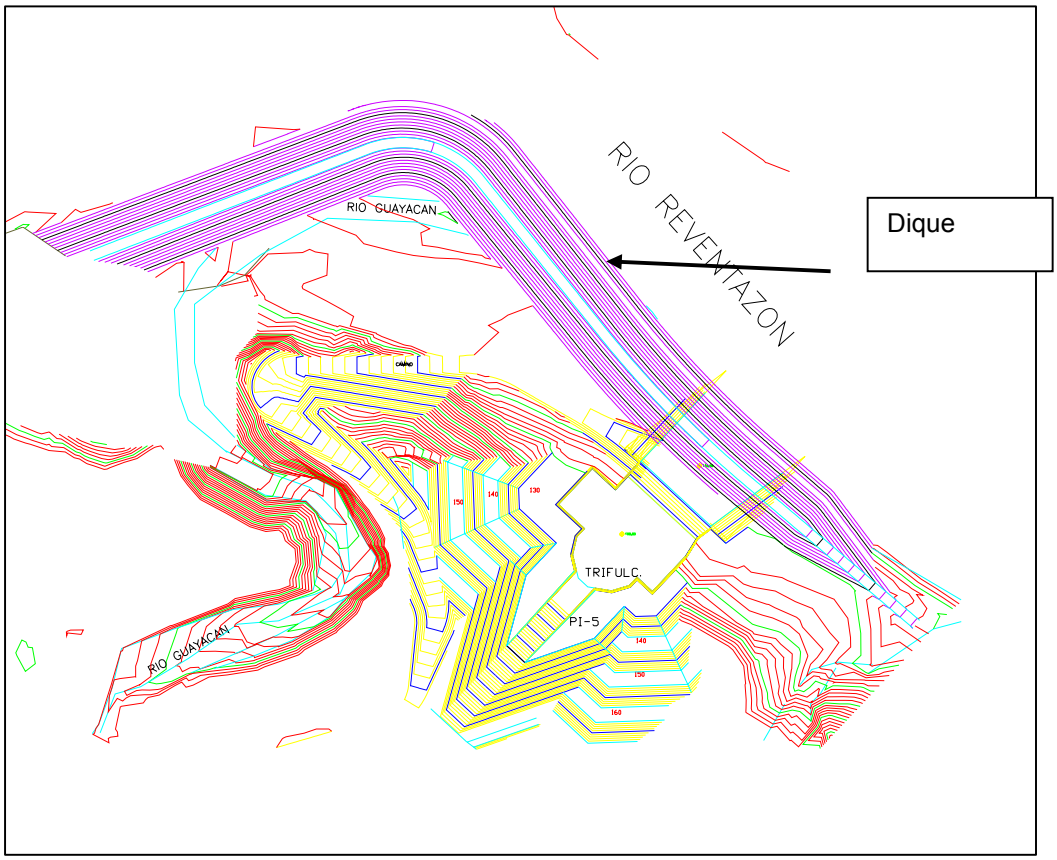
Los sistemas de bombeo permitirán trabajar con la menor cantidad de agua en el sitio de la construcción. Las fuentes de agua que pueden causar inundación son varias: a) infiltración en las paredes verticales de la excavación por efecto del agua subterránea proveniente del nivel freático, b) infiltración por el agua del río y c) acumulamiento por agua pluvial.

Se instalarán varias bombas Bibo 5 que se conectarán a mangueras para bombear el agua dentro de la construcción hacia una serie de sedimentadores, los cuales decantarán el agua por gravedad para luego enviarla al río.

Cunetas y contracunetas

Las cunetas y las contracunetas formarán parte del sistema de manejo de aguas superficiales, el cual canalizará la escorrentía en el camino interno y en la base de los taludes para evitar erosión y posibles deslizamientos por infiltración del agua hacia estratos inferiores.

Figura 5.44
Dique de protección.

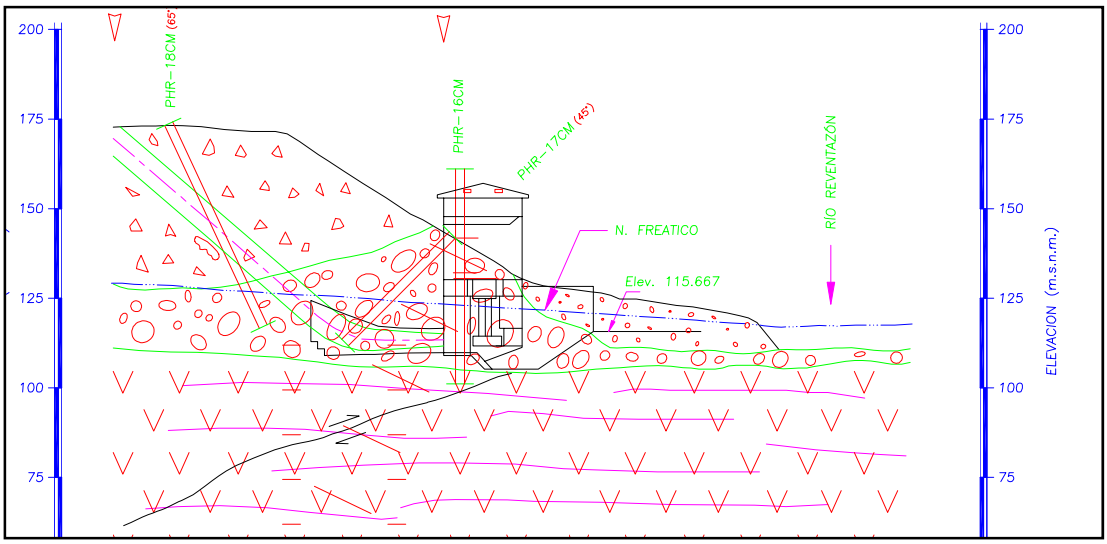


Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Construcción de edificio

Es de tipo superficial. Será construido con concreto de alta resistencia. Tendrá 5 niveles de entrepiso. Los concretos serán fabricados en la planta de concreto de la obra y serán colocados con una autobomba o bomba telescópica.

Figura 5.45
Edificio de Casa de Máquinas



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Obra civil

La construcción se inicia con la losa de cimentación en la elevación 108,80 m.s.n.m., posteriormente se prosigue con los muros. Son cuatro muros perimetrales que se elevan desde el nivel del cimiento hasta el nivel 130 m.s.n.m. Conforme se avanza en la altura de los muros, se empiezan a colocar los entrepisos con la ayuda de una grúa de llantas y de una torre grúa. Primero se instalan las columnas y las vigas metálicas y posteriormente, las losas prefabricadas de concreto. Cuando se alcance al último nivel de entrepiso, elevación 130 m.s.n.m., se inician los trabajos de la sala de montaje. Primero se construye la placa de cimentación, luego se sigue con las columnas, las cuales se trabajarán en paralelo junto con las columnas del edificio principal, hasta llegar a la altura de la viga carrilera, la cual une o vincula todas las columnas, tanto del edificio principal o sala de turbinas como de la sala de montaje. Como última etapa, se instala sobre la viga carrilera la estructura y la cubierta de techo y se construye el cerramiento o paredes.

En una segunda etapa, se inicia la construcción de la cámara de restitución. Esto es para aprovechar el recurso, mano de obra y equipos, que proviene de la construcción de la casa de máquinas. La construcción inicia con la losa de cimentación, prosigue con los muros y finaliza con los marcos de izaje, que son los que se encargan de soportar las compuertas. Adicionalmente, se construye un canal de restitución para devolver las aguas turbinadas al río.

Fotografía 5.27 Muros

Fotografía 5.28. Sala de Montaje

Fuente: Tomada por el Ing. Fabio Ulate, P.H Cariblanco, ICE

Montaje Electromecánico

La primera actividad constructiva que realiza el personal del montaje eléctrico es la colocación de la malla tierra, la cual se instala directamente en el suelo, antes de la losa de cimentación del edificio principal de la casa de máquinas. Posteriormente, se realizan varios trabajos de colocación de tubería eléctrica en los muros antes de ser colados, de manera que esa tubería quede embebida. El trabajo del montaje electromecánico se vuelve más intenso con la etapa constructiva de los concretos masivos, ya que involucra el montaje de equipos de muy poca tolerancia como los tubos de aspiración y las cajas de espiral, que deben quedar completamente embebidos dentro del concreto, por ello la interacción entre el personal de la obra civil y del montaje electromecánico se vuelve muy estrecha. La forma de colocar el concreto varía. Se tiene que controlar la velocidad y la forma de la colocación del concreto, la temperatura, la relación agua/concreto, el volumen y el espesor.

Posterior a esta etapa, el montaje electromecánico entra de lleno en el armado y montaje de las distintas partes de los equipos turbogeneradores como los rodetes, rotores, turbinas y finalmente, los generadores. En forma paralela, se trabaja en la instalación de los tableros de control y del cableado eléctrico en los distintos niveles de entrepiso.

Un trabajo muy importante que se desarrolla posterior a la construcción de las vigas carrileras es el montaje de la grúa viajera o puente grúa, la cual se convierte luego en la herramienta vital para movilizar las partes del equipo turbogenerador dentro de la casa de máquinas.

Fotografía 5.29 Caja de espiral

Fotografía 5.30 Puente grúa

Fuente: Tomada por el Ing. Fabio Ulate, P.H Cariblanco, ICE

La última etapa es la puesta en marcha de los equipos turbogeneradores, para lo cual se tienen que realizar distintas pruebas previas, entre las que se encuentran las pruebas secas y las húmedas, antes de iniciar con la operación normal.

Sitios de préstamo

Debido a la complejidad asociada a la construcción de un proyecto de esta magnitud, se requiere de materiales de préstamo accesibles, con adecuadas características de cantidad y calidad, tanto para la construcción de la presa y la elaboración de concretos reforzados y pobres para la construcción de múltiples obras civiles, como para el mantenimiento de caminos con tránsito muy pesado.

Las investigaciones hasta ahora realizadas indican que se requiere un volumen cercano a los 10 millones de metros cúbicos únicamente para la construcción de la presa de enrocado, 1 millón de metros cúbicos adicionales para dos presas de desvío, 2 millones de metros cúbicos para agregados y unos 900 000 m^3 para caminos de acceso y terrazas de trabajo.

Lo anterior supone una gran reserva de materiales de préstamo, con adecuadas características de calidad, cantidad, acceso y cercanía ya mencionadas, con el objeto de no encarecer los costos por el transporte.

Con base en criterios técnicos preliminares, se ha estimado que el sector más idóneo para realizar la extracción de materiales corresponde al área del embalse del proyecto, dado que este sector presenta buenas reservas de materiales y buenos accesos carreteros, tanto en caminos existentes como por construir.

Se ha considerado que la extracción incluya toda el área del cauce del río Reventazón que quedará dentro de la zona de inundación del futuro embalse.

Dicha área incluirá todas los materiales considerados reservas probables y probadas, estáticas y dinámicas dentro del cauce de máxima inundación del río Reventazón, así como los materiales aledaños al río hasta la curva de 265 m.s.n.m., que corresponderá al área inundada por el embalse, una vez concluido el proyecto.

La longitud del cauce del río Reventazón en la zona del futuro embalse del proyecto hidroeléctrico homónimo es de 11 Km, por lo que se han definido nombres para sitios representativos a lo largo del cauce y así poder dar una mejor ubicación de las actividades en la obra.

Se tienen 4 sitios, a saber:

Eje de Presa: incluye todos los aluviones de la base y las márgenes del río ubicados dentro del área que cubre desde la ataguía a la contraataguía, incluyendo el cuerpo de la presa, así como todos los materiales extraídos de las paredes del valle del río para la conformación de los estribos de la presa y sus obras adyacentes.

Sitio Lajas: incluye los materiales aluvionales de la quebrada Lajas desde la cota 265 m.s.n.m. hasta la desembocadura al río Reventazón, los aluviones desde la ataguía hasta la desembocadura de la quebrada Lajas y de allí hasta la desembocadura de la quebrada Carazo.

Sitio Carazo: incluye los materiales aluvionales desde la desembocadura de la quebrada Carazo hasta la desembocadura del río Blanco. También se consideran todos los materiales pétreos que estén en las terrazas en ambos márgenes del río en este sitio y de las isletas, que quedarán bajo el espejo de agua del embalse.

Sitio Pascua: incluye los materiales aluvionales que están desde la desembocadura del río Blanco hasta la cola del embalse, ubicado en Bonilla Abajo de Siquirres. En este sitio, existe una isleta, de la cual se aprovecharán sus materiales, puesto que quedará bajo el espejo de agua del embalse.

El volumen de materiales aluviales que se estima extraer del área del embalse, tanto en reservas estáticas como dinámicas, es del orden de los 20 millones de m^3, dato que aún se está analizando, tanto en la definición más aproximada de los materiales a requerirse, como en el volumen a extraer.

La obra se segmenta en cuatro fases, la primera corresponde a la de instalaciones provisionales, referente a todo lo que concierne a la construcción de oficinas, personal y planta de trituración, la segunda fase es la de extracción, que especifica la metodología a emplearse en la extracción en el río Reventazón y la tercera es la de pre-selección y trituración, que se refiere a la producción de agregados y una selección de materiales previo a su colocado.

Por último, la cuarta fase, se refiere al acarreo y transporte de los materiales desde el río Reventazón hacia los sitios de obra.

Fase de extracción

Consiste en la extracción del material aluvional del cauce del río Reventazón. Debido a que el cauce presenta diferentes morfologías a lo largo del área a ser concesionada, se deben emplear diferentes formas de extracción.

En los sectores en que el cauce sea amplio, pero que la mayor área la ocupen las terrazas aluviales, se reubicará el río por una de las márgenes y se colocará la maquinaria dentro de las terrazas, para trabajar en la parte “seca”.

En las terrazas, se construirán trincheras paralelas al cauce activo del río, con longitudes de 20 a 30 m de longitud, de 5 a 10 m de ancho y hasta 5 m de profundidad, separadas entre sí por una distancia de hasta 5 m.

La profundidad de excavación va acorde al espesor de la terraza aluvial, el nivel máximo de excavación no deberá sobrepasar una profundidad mayor a 1,5 m por debajo del piso del río.

Debido a la presencia de los brazos, éstos se canalizarán para posterior a la extracción de materiales de las trincheras y en los períodos de avenidas del río, el agua con sedimento fluya hasta las trincheras para que se deposite tanto la carga de fondo como la de suspensión que acarree el río. La cantidad de las trincheras dependerá del área de las terrazas aluvionales y de los caminos internos que se construyan.
En los sectores donde el valle del río sea angosto y el área de las terrazas aluvionales sea menos de la mitad del ancho del cauce activo, se profundizará el piso del río para ubicar el río en una de sus márgenes y se construirá un camino de paso de maquinaria a una altura mayor a la de la terraza existente.

La extracción de material se hará también con trincheras paralelas al río, pero también se extraerá material directamente del río, ya que debido a las avenidas, el río agradará su piso, lo cual es perjudicial para las labores extractivas y paso de maquinaria, por tanto se extraerá material de su cauce.

A lo largo del cauce se ubican dos isletas de gran tamaño, las cuales se usarán primeramente como barreras para controlar el flujo del cauce, es decir, que uno de los brazos se usará como cauce activo y el otro que estaría parcialmente seco se usará para la extracción de material y tránsito de maquinaria.

Durante el tiempo de ejecución de la extracción, se estará trasladando el cauce activo del río de una margen a otra, dependiendo de las variabilidades granulométricas, constructivas y morfológicas, principalmente posterior a una avenida máxima.

Es por ello que se deben construir diques que permitan el desvío de las aguas del río, principalmente en los sitios con presencia de isletas o de terrazas de gran tamaño. La geometría de diques correspondería a una altura de entre 5 y 7 m, con un ancho de base de 15 a 20 m.

Tanto las áreas donde se extraerá material, como el tamaño y cantidad de las trincheras, dependerán de la calidad y granulometría de los materiales extraídos.

También del río se extraerá arena natural, la cual posteriormente será lavada y cribada en la planta de trituración para adjuntarla a la arena manufacturada.

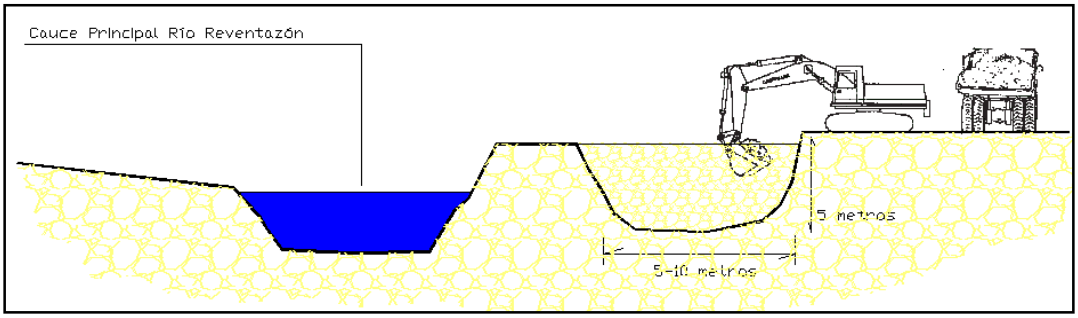
Para la obtención de esta arena natural, se extraerá de los bancos aluvionales que tenga el río en su momento y también a partir de las trampas de arena que se construyan en las trincheras. Estas trampas consisten en hacer pequeños diques transversales al cauce del río, en donde se dé el proceso de decantación para que se acumule la arena natural, además se hacen trincheras de dimensiones similares a las indicadas anteriormente, pero en los sitios de baja velocidad del río. A las trincheras se les hace llegar un brazo del río para que queden llenas de agua y se hace el mismo proceso de decantación.

La extracción en las trincheras y en el cauce activo, deberán mantenerse a nivel con el perfil de equilibrio del río Reventazón para esta zona.

Para las labores de extracción, se ha programado utilizar excavadoras de orugas de 20, 30 y 45 toneladas, tractores roqueros tipo D8, vagonetas tandem de 12 m^3 y vagonetas roqueras de 30 a 40 m^3.

Figura 5.46

Proceso de extracción en el río



Fuente: Elaboración propia, Geólogo Edwin Garita, P.H. Reventazón

Fase de preselección y trituración

Esta fase incluye todos los procesos de pre-selección, trituración de la roca, clasificación y tratamiento ambiental del agua de lavado.

Pre-selección

Los materiales que se producen en esta fase abastecerán principalmente a la presa de enrocado con cara de concreto (CFRD, por sus siglas en inglés), así como los agregados que se requieran para la fabricación de concreto. En segunda instancia, se utilizará para la producción de agregados para las otras obras del proyecto y para la construcción y reparación de vías de acceso entre las obras.

Para el caso de la presa CFRD y debido a la variabilidad granulométrica de ésta, se requieren extraer y producir distintos tipos de tamaños de material.

En la fase anterior se explicó que se extraía material de un determinado tamaño directamente de las terrazas del río, pero en este caso, parte de dicho material debe ser pre-seleccionado para ser colocado en la presa.

Dicha pre-selección se realiza a partir de tamizar material aluvional por medio de una criba estacionaria y debido a los altos requerimientos de esta granulometría, se deberán colocar de dos a tres cribas a lo largo del cauce del río Reventazón entre el eje de la presa y la cola del embalse.

Fotografía 5.31

Criba estacionaria

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Toro 3, ICE

La criba estacionaria es una estructura de metal rectangular de 8 m de ancho y 15 m de largo, conformada por tubos de metal distanciados cada 24 cm y se instala con una inclinación de 45º, para un altura de aproximadamente 12 m. En la parte posterior se construye una rampa para el ascenso de vagonetas, las cuales descargan el material directamente a la criba y se da la selección del material.

Se obtienen dos materiales, el primero es el material cribado, el cual es recolectado por un cargador y colocado en las góndolas de las vagonetas para ser trasladado hasta la presa y el segundo material es el sobretamaño, el cual se acumula en la base de la estructura y también es recolectado por el cargador y cargado por vagonetas para transportarse hasta otra obra o de vuelta al cauce del río, para colocarlo como pantalla de protección de las márgenes.

La ubicación de las cribas será la siguiente:

Sector Sureste aguas abajo de la presa: se cribarán los materiales producto de las excavaciones de la presa, ataguía y contraataguía.

Quebrada Lajas: seleccionará los materiales provenientes de los alrededores de los sitios Lajas y Carazo.

El área para la colocación de la criba, la rampa, los accesos de entrada y salida de vagonetas, el espacio para las maniobras de movimiento del cargador e instalaciones para personal, es de 0,75 ha.

Las instalaciones de las cribas estacionarias se colocarán cercanas al río, pero en un área que no sea afectada por las inundaciones.

Trituración

Parte del material extraído aguas arriba de la presa, será llevado a una planta de trituración para la producción de agregados y su posterior traslado a las plantas de concreto.

Las granulometrías de los agregados a producir son de 50 mm, 38 mm, 25 mm, 19 mm, 13 mm y 0,75 mm o Arena.

La configuración de la planta de trituración, consiste en un proceso de tres etapas de trituración.

La primera etapa consiste en un quebrador de muelas con una entrada de piedra de 1 m a 0,5 m y sale con un tamaño de 13 cm a 10 cm. El material obtenido es trasladado por una banda transportadora de 1 m de ancho, hasta una criba vibratoria inclinada (criba seca), la cual se encarga de separar el material triturado. El material mayor a 38 mm es llevado hasta la segunda etapa de trituración, el que es menor es llevado hasta una segunda criba que lo lavará.

Fotografía 5.32

Quebrador primario

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Cariblanco

La segunda etapa de triturado consiste en un quebrador cónico, en el cual llegan las partículas de 13 cm – 38 mm y se obtiene un subproducto con granulometría de 38 mm hasta polvo de piedra.

Este material es transportado por bandas de 70 cm hasta una segunda criba (criba húmeda), en la cual se encuentran tres niveles de mallas o tamices y en cada nivel hay irrigadores de agua para el lavado de los agregados.

Esta criba se encarga de clasificar a los agregados y son depositados en sitio por medio de otras bandas transportadoras. Las partículas más finas caen por gravedad en un estanque, en el cual dos tornillos rotatorios se encargan sacar el fino de mayor densidad (arena manufacturada) y la lleva por medio de una banda hasta su depósito.

Fotografía 5.33

Cono secundario, cribas y bandas.

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Cariblanco

El agua que queda en el estanque contiene aún una fracción de arena fina, la cual es recuperada mediante un hidrociclón, el cual por fuerza centrífuga se encarga de separar la arena muy fina de los limos, enviando éstos últimos a las lagunas sedimentadoras.

La tercera etapa de trituración, corresponde con el impactor de eje vertical (VSI, por sus siglas en inglés). Este equipo es alimentado con piedra de 50 a 38 mm y produce agregado de 19 mm a polvo de piedra. Dicho material se traslada hasta una tercera criba, en la cual se obtiene piedra de 19 mm y arena.

Fotografía 5.34

Impactor de eje vertical.

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Cariblanco

Los sedimentadores, son una serie de trincheras rectangulares de 5 m de ancho, 10 a 20 m de largo y una profundidad variable de 2 a 3 m, colocados paralelamente y separados a 3 m entre sí.

Los sedimentadores son excavados en el terreno y posteriormente, sus paredes y pisos recubiertos con concreto, su cantidad dependerá del espacio existente y del volumen de agua a usarse y de las dimensiones del equipo de lavado.

Fotografía 5.35.

Disposición de batería de sedimentadores

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Cariblanco

El proceso de lavado de los agregados requiere aproximadamente 70 l/s y por tanto se requiere contar con una fuente permanente de agua, en todos los casos se ha contado con quebrada o el mismo río para la obtención de agua.

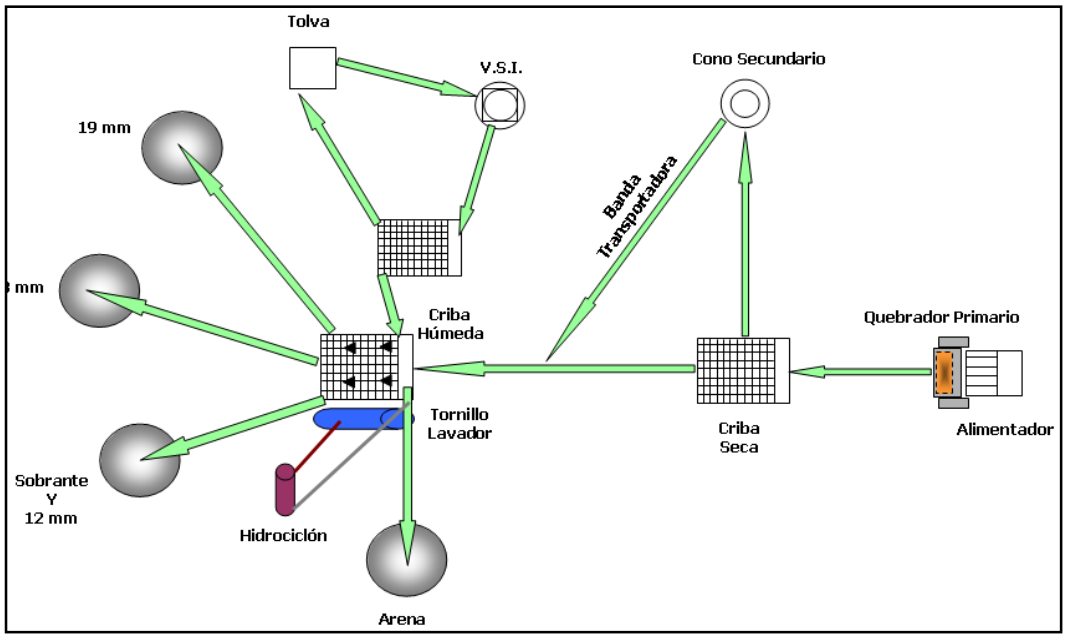
En la actualidad se ha implementado la recirculación del agua del lavado, que consiste en tomar agua de una quebrada cercana, canalizar o entubar una parte y trasladarla, primero a un sedimentador y posteriormente a una fosa.

En la fosa se colocan bombas sumergibles, las que dan el impulso al agua para que llegue hasta los irrigadores de la criba húmeda. Posterior al proceso de lavado y del hidrociclonado, el agua con partículas limosas pasa por la serie de sedimentadores, antes mencionados, depositando las partículas suspendidas en el agua. En el último sedimentador, el agua ha disminuido en gran cantidad el contenido de partículas en suspensión y se lleva hasta la fosa, para que junto con el agua de la quebrada, retorne al proceso de lavado.

Este proceso favorece que se consuma una pequeña cantidad del agua de escorrentía, se recuperen los finos sedimentados y se reutilice el agua de lavado. Dicho proceso lo está implementando el ICE en la planta de trituración del proyecto hidroeléctrico Toro 3, en Venecia de San Carlos.

Figura 5.47

Distribución de la planta de trituración



Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Cariblanco

Fase de acarreo y transporte

Esta consiste en el traslado de materiales según el frente de trabajo. Para esto se utilizará el equipo descrito en el capítulo de equipo y materiales a utilizar.

En la figura 5.48 se muestra la secuencia de las actividades de esta obra.

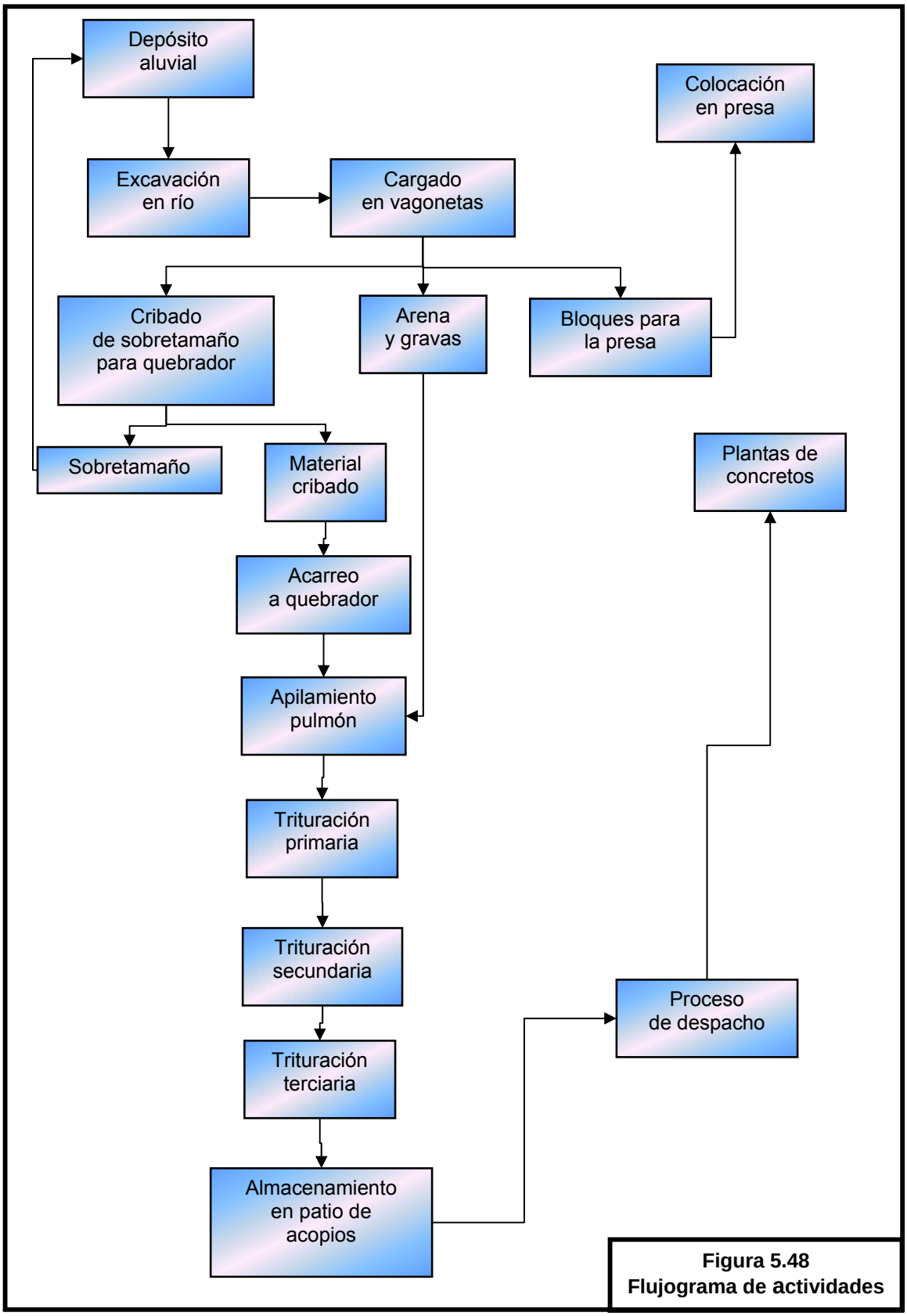
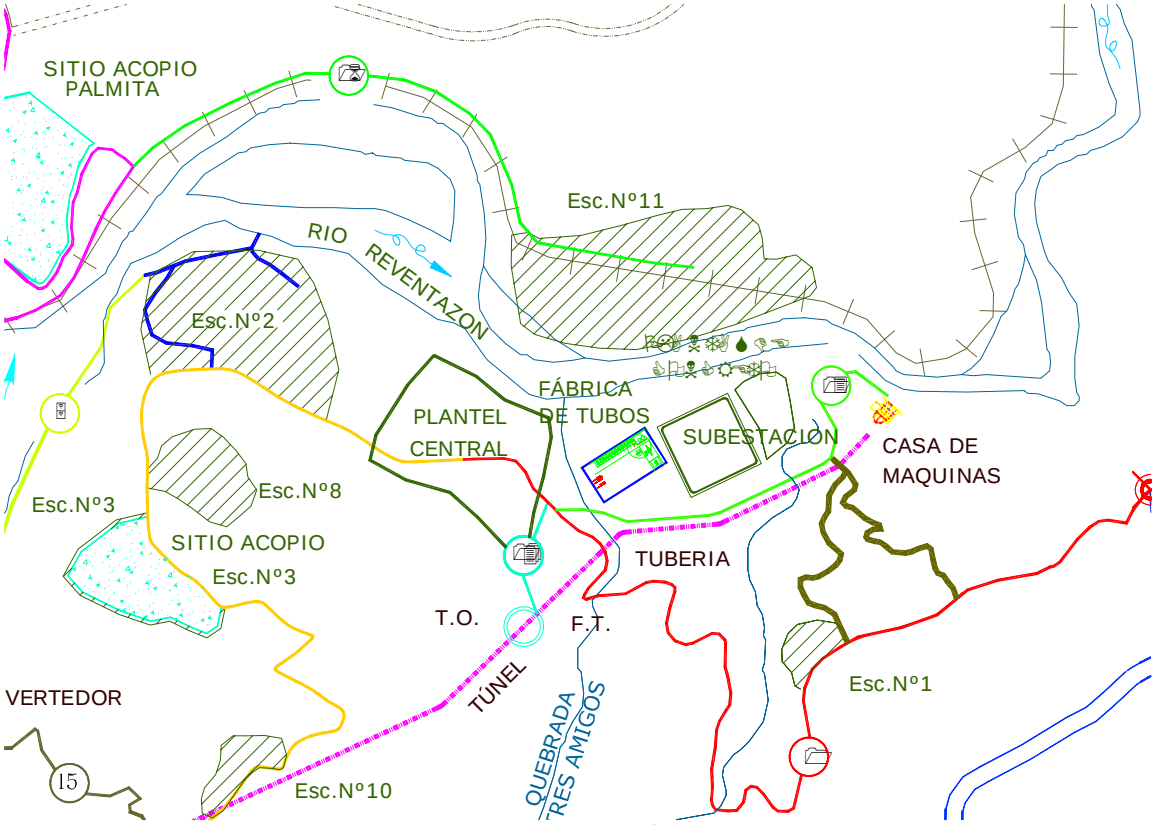


Figura 5.48
Flujograma de actividades

Plantel central

La zona destinada como plantel estará ubicada en las cercanías del TO y su posición está relativamente centrada respecto a todas las obras que componen el proyecto.

Figura 5.49
Ubicación del sitio del plantel central



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

El campamento ocupará un área de 125 000 m² (incluyendo áreas verdes), en una zona de baja pendiente (5%) en la margen derecha del río Reventazón, a la altura del poblado del Coco de Siquirres.

Dentro de estas instalaciones se construirán las zonas de hospedaje del personal, comedor, oficinas, talleres, almacenes y obras afines.

Específicamente destacan las siguientes instalaciones:

- Oficina para puesto de vigilancia (puesto 1)

Ubicada en al acceso principal del plantel con un área de 46 m².

- Central Telefónica.

Ubicada en las cercanías del Puesto 1 tiene un área de 30 m².

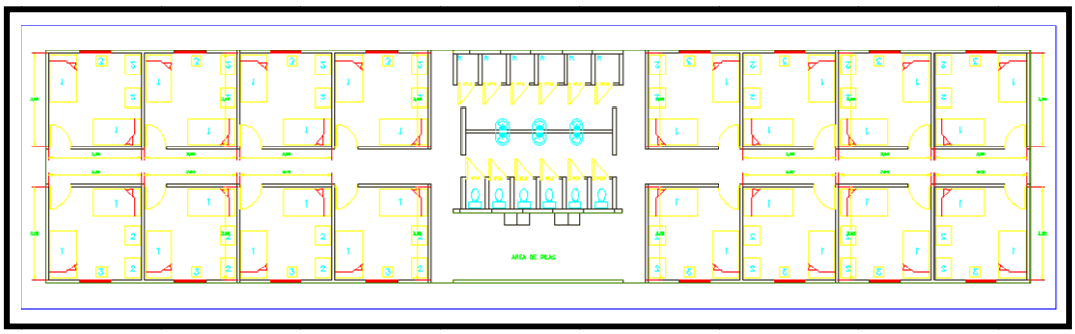
Parqueo de visitas.

Ubicada en las afueras del plantel y en la cercanías del Puesto 1. Tiene una capacidad estima para 18 vehículos, con un área de unos 550 m².

- Campamentos generales.

Destinados para el alojamiento del personal, se construirán 6 módulos y cada uno tiene una capacidad para 64 trabajadores, para un total de 384 trabajadores. El área de cada módulo es de 358 m², para un total de 2 148 m².

Figura 5.50
Campamento General

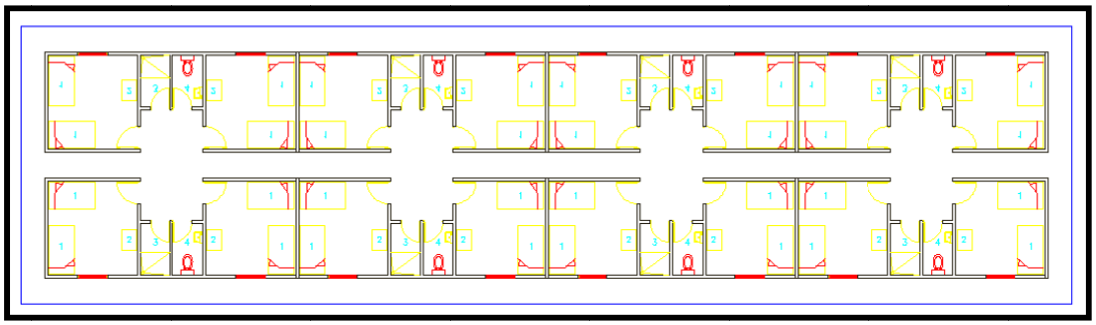


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

- Campamentos técnicos:

Destinados para el alojamiento del personal, se construirán 10 módulos y cada uno tiene una capacidad para 32 trabajadores, para un total de 320 trabajadores. El área de cada módulo es de 362 m² y en total el área para técnicos corresponde a 3 620 m².

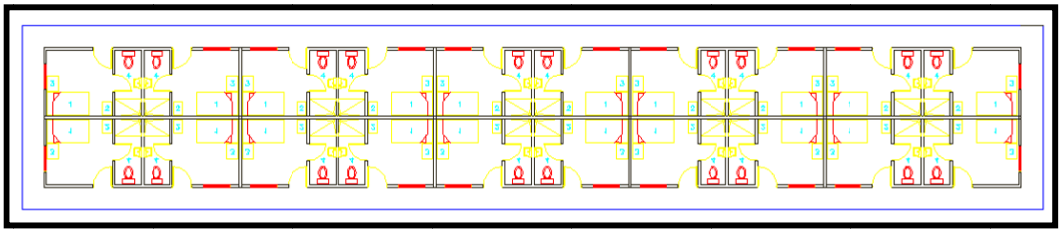
Figura 5.51
Campamentos técnicos.



- Campamentos oficiales.

Destinados para el alojamiento del personal, se construirán 3 módulos y cada uno tiene una capacidad para 20 trabajadores, en total la capacidad será para 60 trabajadores. El área de cada módulo es de 293 m² para un total de 879 m².

Figura 5.52
Campamentos oficiales.

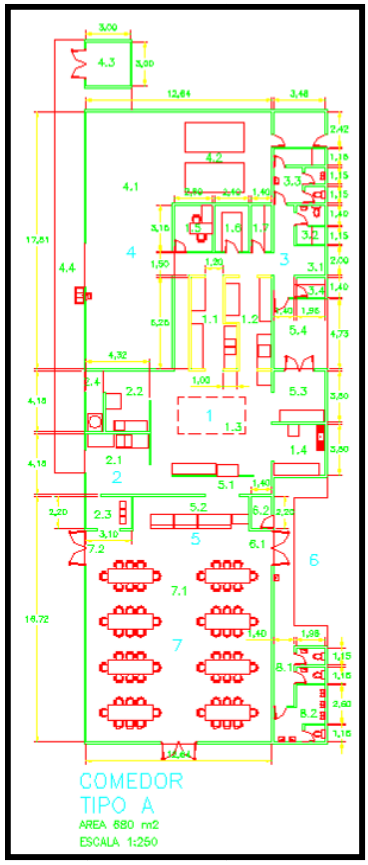


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

- Comedor.

Destinados para la producción y distribución de alimentos. El área es de 1 000 m². En la figura 5.53 se puede detallar.

Figura 5.53
Comedor

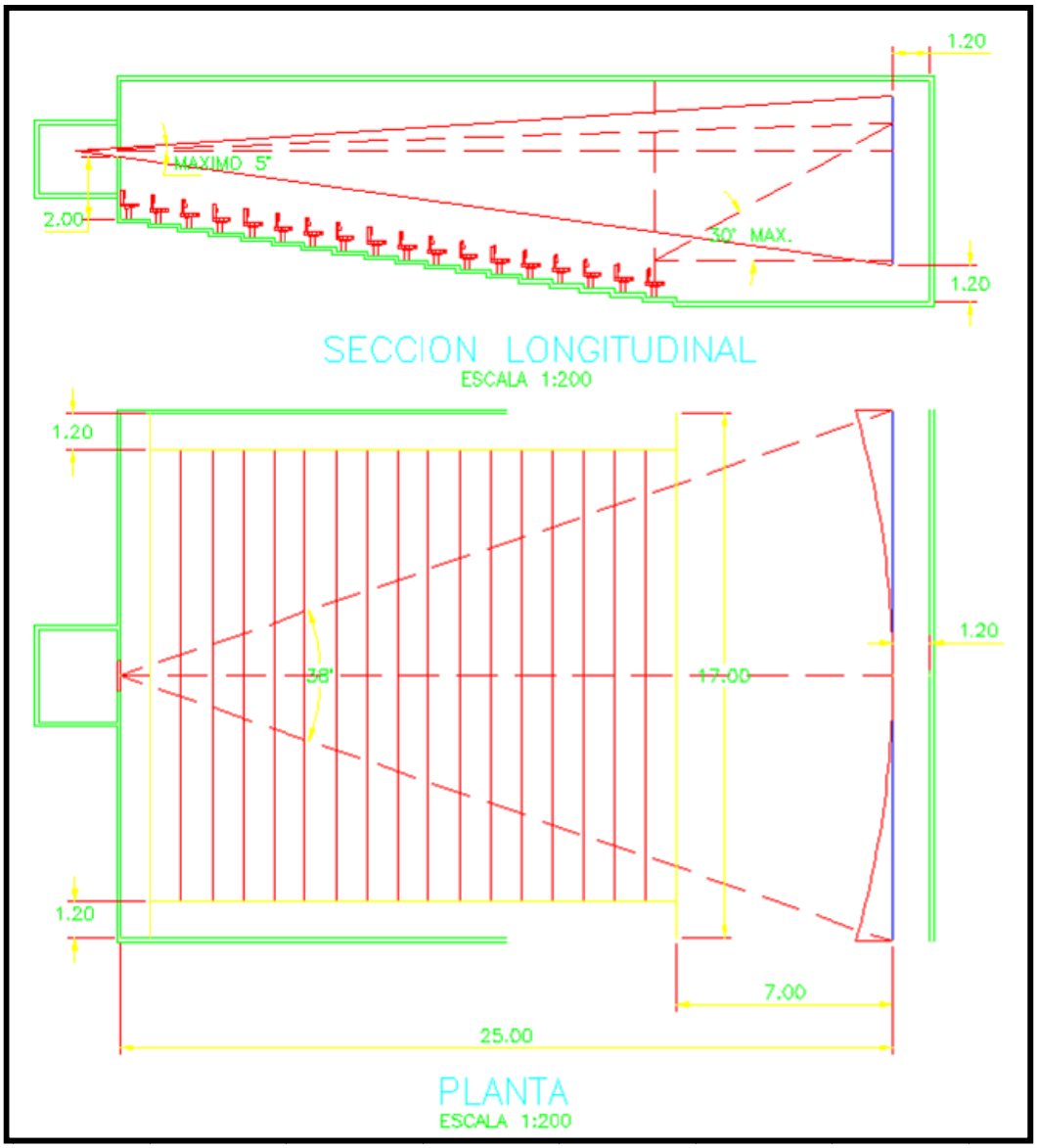


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

Sala de cine.

Destinados para el entretenimiento del personal. El área es de 550 m². En la figura 5.54 se puede detallar.

Figura 5.54
Sala de Cine

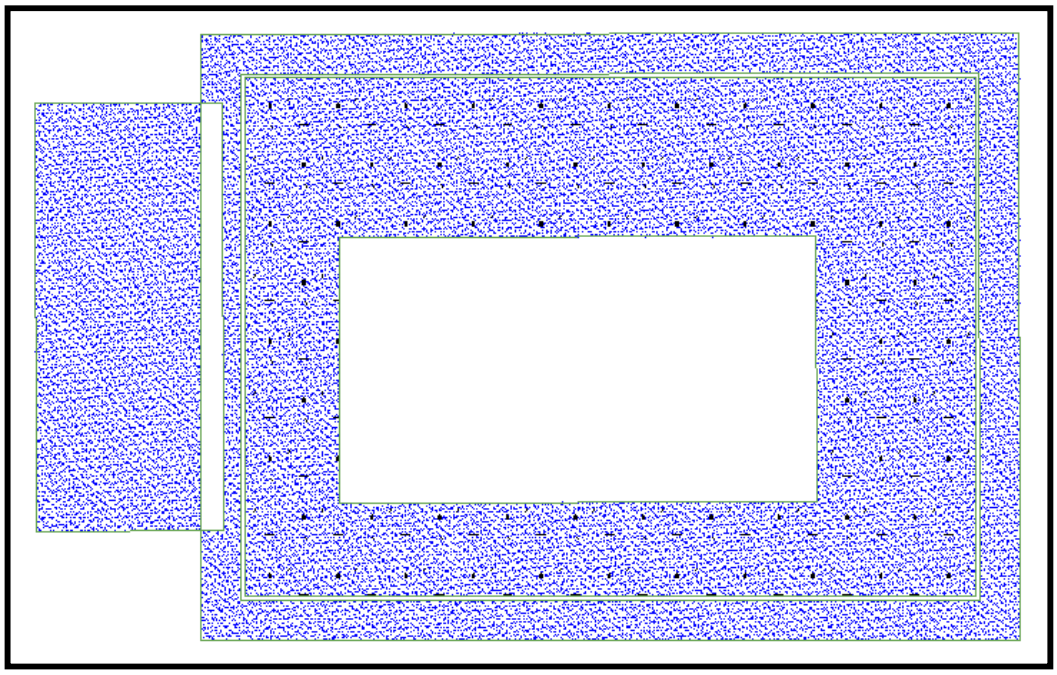


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

- Edificio de Dirección, Construcción y Planeamiento.

El área es de 520 m². En la figura 5.55 se detalla la configuración.

Figura 5.55
Edificio Dirección, Construcción y Planeamiento

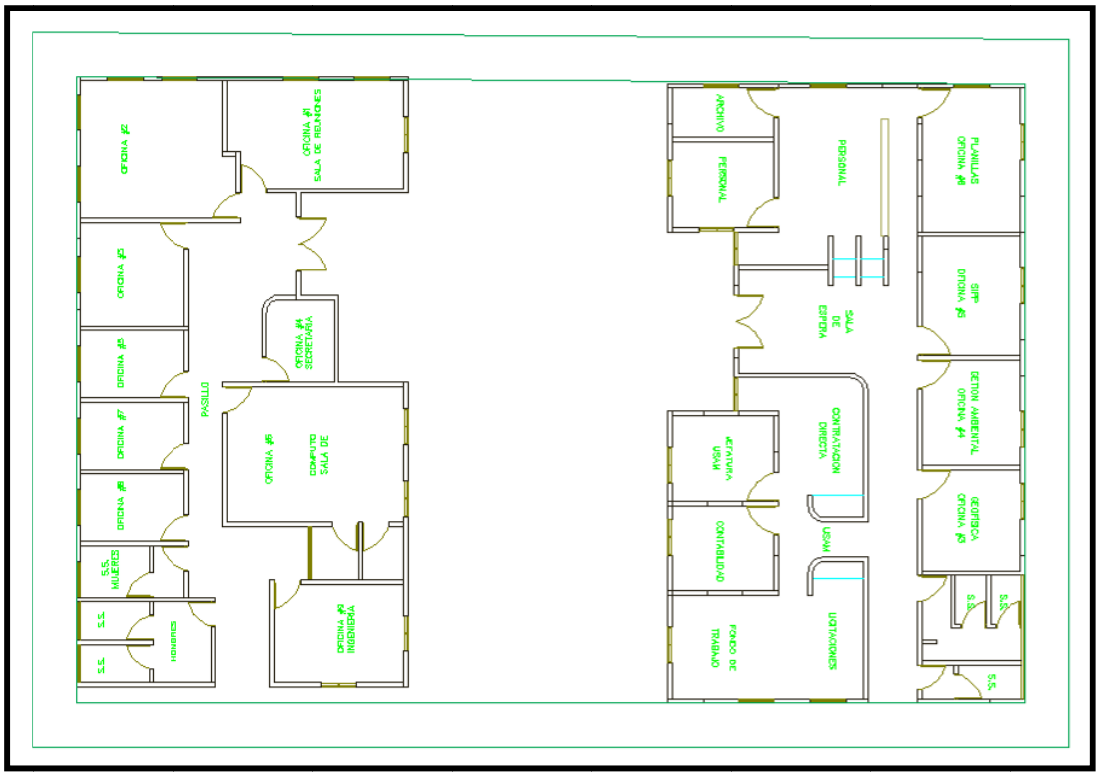


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón

- Edificio de Administración, Ingeniería y Recursos Humanos.

El área es de 460 m². En la figura 5.56 se detalla la configuración.

Figura 5.56
Edificio de Administración, Ingeniería y Recursos Humanos

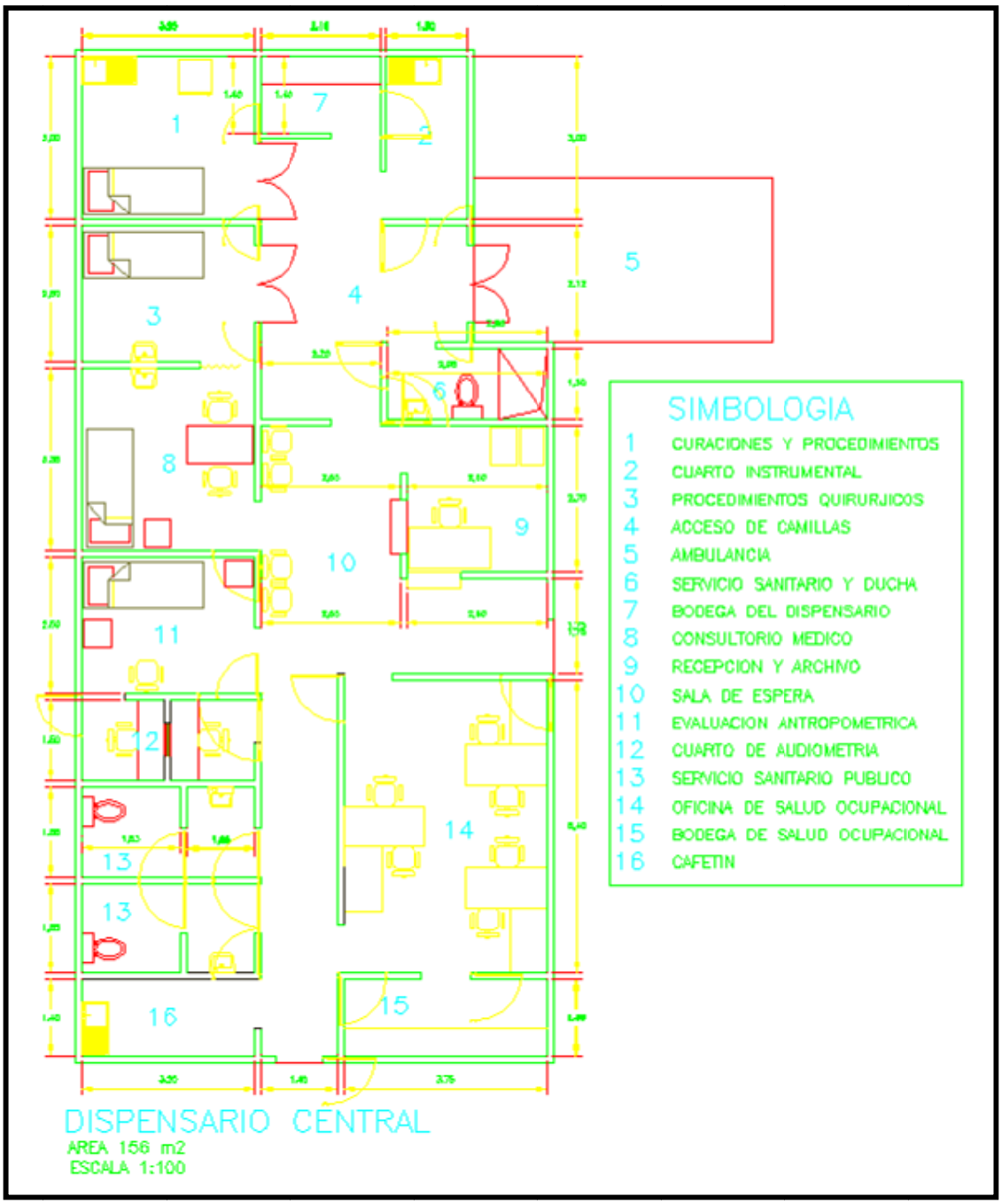


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

- Dispensario.

El área es de 160 m². En la figura 5.57 se detalla la configuración

Figura 5.57
Dispensario

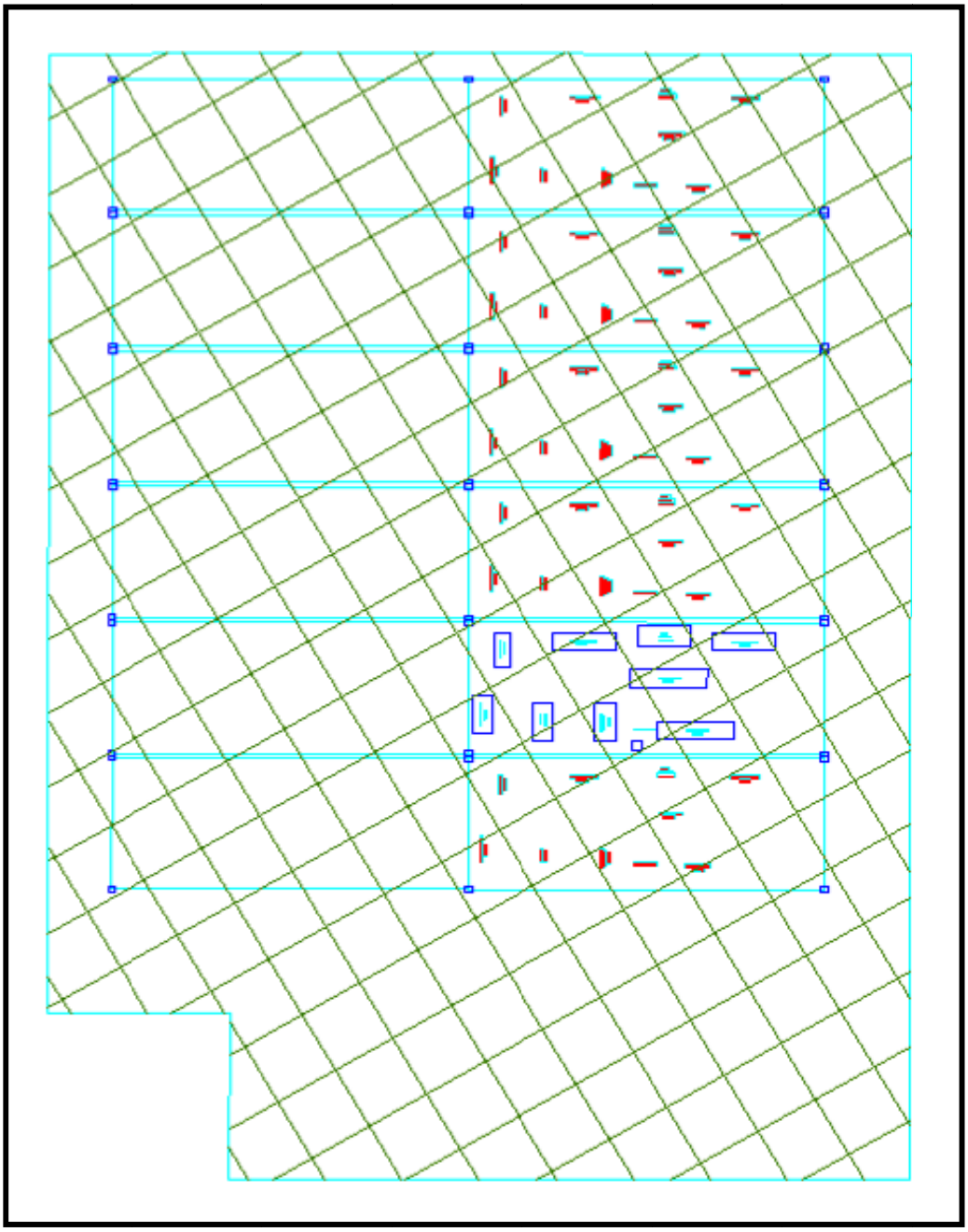


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

Talleres mecánico, eléctrico, estructuras y precisión.

El área es de 2 220 m². En la figura 5.58 se detalla la configuración.

Figura 5.58
Talleres a utilizar en el plantel central

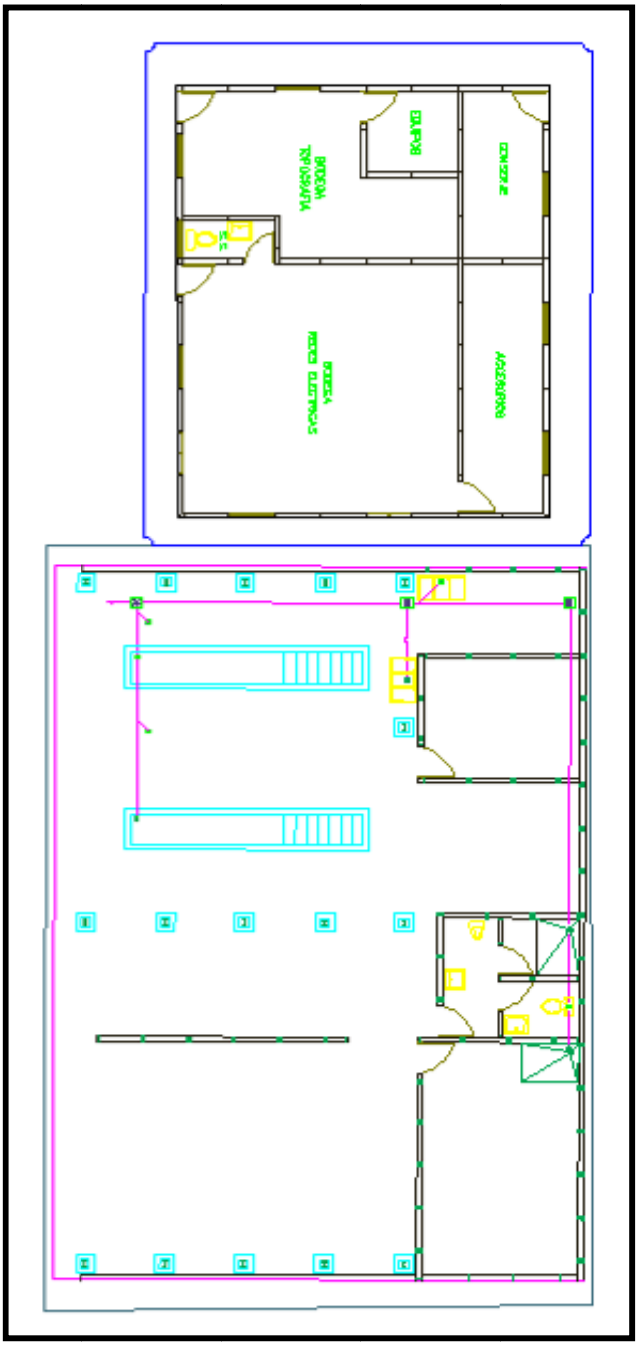


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

- Talleres de mantenimiento y electromotriz:

El área es de 300 m². En la figura 5.59 se detalla la configuración.

Figura 5.59
Talleres de mantenimiento y electromotriz



Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

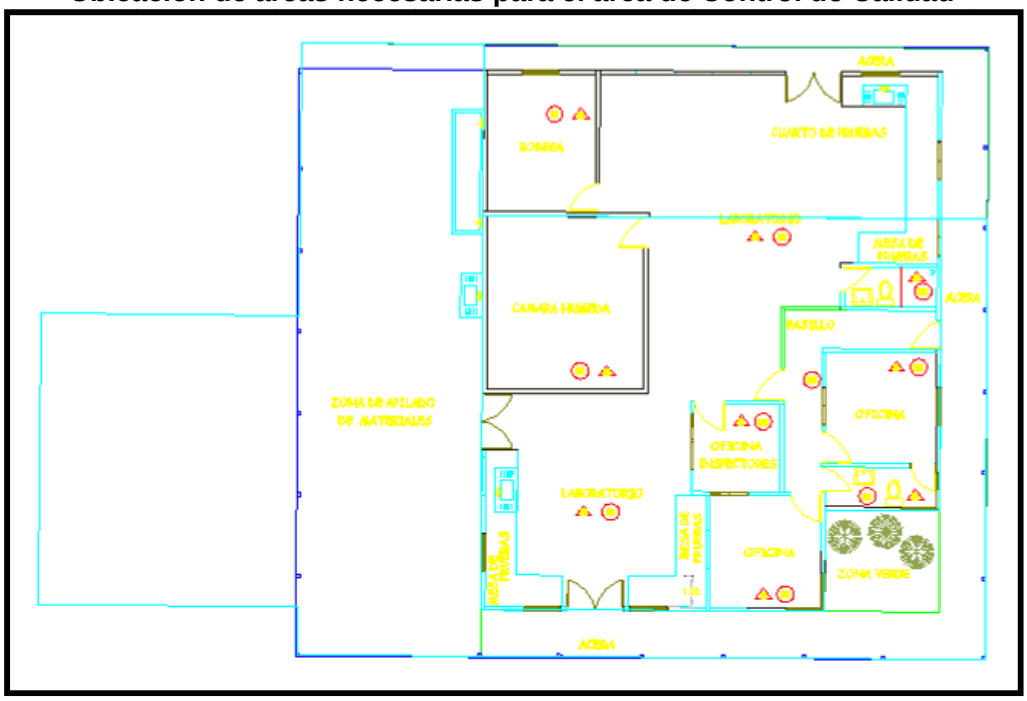
- Edificio del área administrativa de servicios técnicos.

El área es de 380 m².

- Control de Calidad

El área es de 418 m². En la figura 5.60 se detalla la configuración.

Figura 5.60
Ubicación de áreas necesarias para el área de Control de Calidad

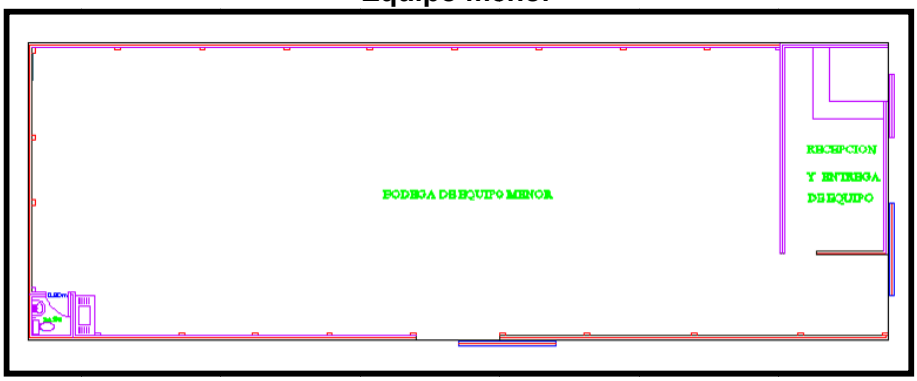


Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

- Equipo Menor

El área es de 320 m². En la figura 5.61 se detalla la configuración.

Figura 5.61
Equipo menor



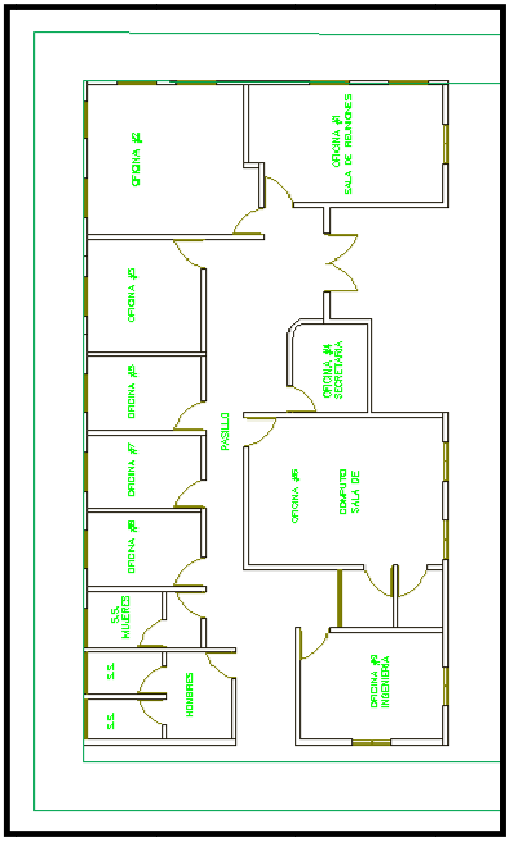
Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

Adicionalmente los patios de equipo menor son del orden de los 3 000 m².

- Unidad de Suministros y Almacenes.

El área es de 230 m². En la figura 5.62 se detalla la configuración.

Figura 5.62
Áreas administrativas para la USAM.



Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

Además se incluye lo siguiente:

- Almacén de Recibo y Misceláneos requiere un área de 350 m².
- Almacén de Activos, Herramientas y Repuestos requiere un área de 830 m².
- Patios de la USAM requiere un área de 15 400 m².

- Planta de tratamiento

Las aguas negras serán enviadas a la planta de tratamiento a construir, la cual se diseña para tratar las aguas residuales producidas por 800 personas, esto considerando la época de mayor contratación en el proyecto. Se estima un caudal de aguas residuales a tratar de 96 m^3/día.

El caudal estimado contempla el aporte exclusivo de aguas negras y grises. No considera aguas pluviales, drenajes de piso, ni aguas residuales de lavado de ropa centralizado o comercial. Se deben construir separadores de grasa en los lugares donde se preparen comidas. Estos separadores se diseñarán y ubicarán de acuerdo con lo especificado en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones.

La planta tiene capacidad para tratar aguas residuales de tipo ordinario con las siguientes características:

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	≤	500 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	≤	300 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	≤	300 mg/l
Grasas y Aceites (GyA)	≤	50 mg/l
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	≤	10 mg/l

La calidad del efluente tratado será:

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	≤	150 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	≤	50 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	≤	50 mg/l
Grasas y Aceites (GyA)	≤	30 mg/l

Conforme a las regulaciones del Ministerio de Salud, vigentes a la fecha, el efluente cumplirá con los requisitos necesarios ser vertido en un cuerpo de agua natural.

El funcionamiento de esta planta es un sistema aeróbico que tiene, entre otras, las siguientes características:

- Alta eficiencia para remoción de carga orgánica.
- Ausencia de malos olores y otras molestias.
- De tamaño compacto.
- Fácil de operar y mantener.
- No altera la arquitectura de las áreas vecinas.

El proceso biológico de tratamiento es de lodos activados, bajo la modalidad de aireación extendida, el cual tiene la ventaja de ser muy eficiente produciendo cantidades mínimas de lodo residual, lo que facilita las labores de operación y mantenimiento.

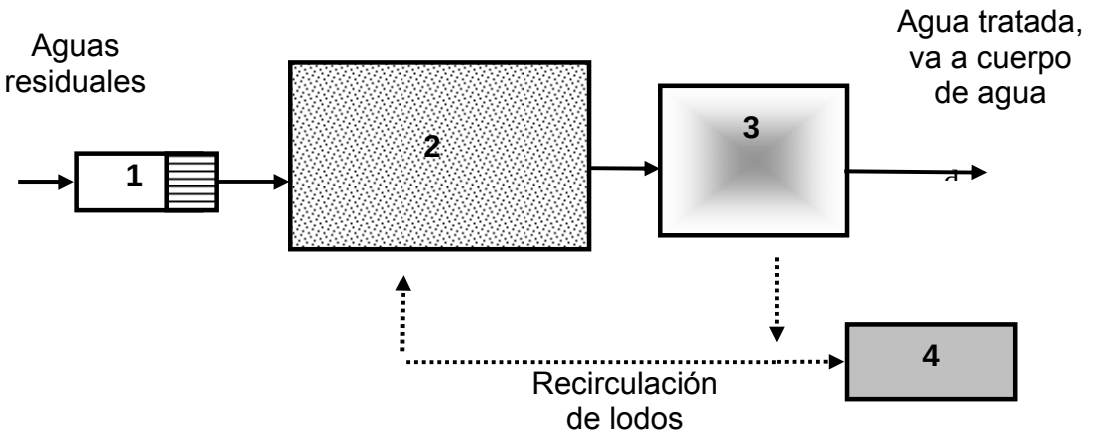
Los componentes del sistema de tratamiento son los siguientes:

- Cámara de entrada
- Tanque aireador
- Sedimentador secundario
- Lecho de secado de lodos
- Caseta de sopladores

La planta ocupa un área de 50,2 m^2 (6,2 x 8,1 m), pero para efectos de espacio la misma ocupara una zona de 400 m².

En la figura 5.63 se indican los principales componentes del sistema y su ubicación relativa de acuerdo con el flujo del agua:

Figura 5.63
Componentes del sistema de tratamiento de agua



A continuación se muestra una breve descripción de los componentes principales, con algunos aspectos operativos.

Cámara de entrada

Es una caja de registro a la que ingresan las aguas que provienen del alcantarillado sanitario, y en la que se separan los sólidos no biodegradables mediante rejillas metálicas.

Tanque aireador

Es un tanque que recibe las aguas que provienen de la cámara de entrada. En esta etapa del tratamiento se produce un proceso biológico, en el que microorganismos vivos aeróbicos (lodos activados) consumen la materia orgánica contenida en las aguas residuales, reduciendo su nivel de contaminación. La eficacia del proceso depende de que se mantenga una mezcla y concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua, lo que se logra inyectando aire mediante sopladores. El oxígeno se transfiere al agua por medio de difusores que producen micro burbujas.

Sedimentador secundario

Es un tanque que recibe las aguas que provienen del tanque aireador. En esta etapa del proceso se favorece la sedimentación de los lodos activados, para producir agua efluente clara y con un bajo contenido de materia orgánica. Los sólidos lodos que se depositan en el fondo del tanque, y los que flotan en la superficie, se retornan al tanque aireador, mediante un sistema de eyección neumática que hace uso del aire comprimido producido por los sopladores.

El sedimentador secundario es la etapa final del sistema de tratamiento, por lo que su efluente debe ser descargado en el cauce receptor.

Lecho de secado de lodos

Es una pila techada en la que se disponen los lodos residuales que cada tres o cuatro meses hay que eliminar del sistema. En el lecho los lodos se mantienen durante dos semanas hasta que se deshidraten por infiltración y evaporación. Los líquidos drenados se retornan al tanque aireador. Los lodos secos pueden usarse como abono orgánico o eliminarse en un relleno sanitario.

Caseta de sopladores

Es una estructura en la que se ubican el tablero de control eléctrico y un soplador de aire con motor eléctrico de 0,75 kilovatios, 110/220 voltios, una fase.

En la fotografía 5.36 se observa la planta de tratamiento instalada por ASTALDI en el P. H. Pirris.

Fotografía 5.36
Planta de tratamiento ASTALDI P.H. Pirrís

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Pirris.

El personal que estará haciendo uso de estas instalaciones es de 800 trabajadores

Figura 5.64
Ubicación de la planta a construir

Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

En resumen, se presenta el siguiente cuadro con las diferentes áreas requeridas para las instalaciones del plantel central.

Cuadro 5.7.
Detalle de las áreas del plantel central del proyecto

Detalle	Área (m²)
Campamentos técnicos	3620
Campamentos generales	2148
Campamentos oficiales	879
Dirección y Planeamiento y Control	520
Control de calidad	418
Oficinas SETEC	380
Bodega Talleres	350
Arqueología	250
Ingeniería	230
Administración	230
Oficinas USAM	230
Aulas	185
Dispensario	160
Oficinas estación de combustible	65
Transportes	60
Puesto Uno	46
Oficina cooperativa	46
Comedor	1000
Almacén de herramientas y repuestos	830
Cine	550
Almacén de recibo y misceláneos	350
Sala de recreación	210
Bodegas de perforación e inyección	200
Redes eléctricas y topografía	120
Gimnasio de pesas	110
Sala de juegos oficiales	100
Lavandería	85
Cancha multiuso	2760
Talleres eléctricos, precisión y mecánico	2220
Equipo menor	320
Taller de mantenimiento y electromotriz	300
Ebanistería	220
Patios USAM	15400
Patio Equipo Menor	3000
Zona combustibles	645

Detalle	**Área (m²)**
Planta de tratamiento	400
Parqueo para trabajadores	4500
Parqueo visitas	500
Total	**43637**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

Proceso constructivo

Por la naturaleza de las estructuras a construir (estructuras livianas) no es necesario realizar movimientos de tierra significativos, bastando con la remoción de la capa vegetal en los lugares requeridos para las diferentes obras. En la fotografía 5.37 se detalla la zona actual para la construcción de los campamentos.

Fotografía 5.37
Vista del área donde se ubicará el plantel central

Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

El movimiento de tierra a realizar es netamente superficial con la finalidad de eliminar la capa vegetal, este material será reacomodado en las zonas verdes con la finalidad de mantener esta capa fértil donde sea necesaria. En la fotografía 5.38 se detalla.

Fotografía 5.38
Limpieza para construcción de instalaciones

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE.

Una vez realizada la limpieza, se procede con el trazado y chorreas de piso de acuerdo a los planos de distribución arquitectónica. En la fotografía 5.39 se detalla esta labor.

Fotografía 5.39
Proceso constructivo de la chorrea de pisos

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE.

Después de finalizadas las chorreas de piso y el lujado correspondiente, se inicia el levantamiento de las paredes, para este caso corresponde a perfiles de HG para muro seco. Estas paredes serán forradas con lámina de Ricalit de 8 mm de espesor.

Fotografía 5.40
Vista del proceso de chorrea de pisos

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE.

Para realizar el forrado de paredes es necesario que las instalaciones eléctricas y potables estén instaladas. Posteriormente se colocan las cerchas y la lámina del techo.

Finalmente se dan los acabados finales como pintura.

Fotografía 5.41
Forro de paredes e instalación de tuberías

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE.

Fotografía 5.42
Proceso constructivo. Colocación de cerchas.

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE.

Fotografía 5.43
Colocación de cubiertas

Fuente: Tomada por el Ing. Alexander Muñoz, P.H Cariblanco, ICE.

Tiempo de ejecución

En el siguiente cuadro se presenta el tiempo de duración de cada una de las obras hasta la finalización del proyecto. Se establece un periodo total de 6 años.

Cuadro 5.8
Periodo de ejecución por obra

Obra	Fecha de inicio de actividad	Fecha final de actividad
Accesos		
Caminos de acceso	16/04/2009	15/03/2013
Obras de Desvío		
Excavación Túneles de desvío	18/06/2009	14/10/2010
Revestimiento Túneles	02/09/2010	18/02/2011
Estructuras Entrada Túneles	16/08/2010	16/01/2011
Montaje Compuertas	29/01/2011	16/05/2011
Estructuras de Salida	10/12/2010	26/03/2011
Contraataguía	17/05/2011	21/05/2011

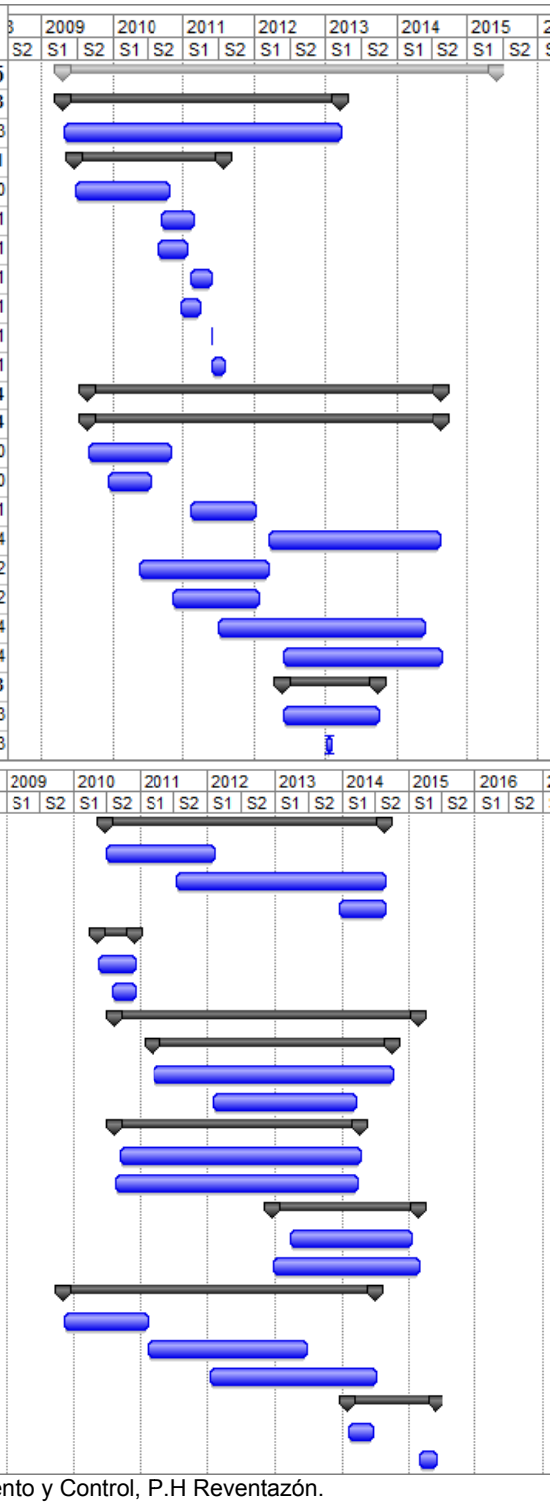
Obra	Fecha de inicio de actividad	Fecha final de actividad
Ataguía	17/05/2011	22/07/2011
Obras de Contención		
Presa		
Excavación de Presa MI	21/08/2009	23/10/2010
Excavación de Presa MD	04/12/2009	09/07/2010
Excavación de Presa Base	27/01/2011	29/12/2011
Relleno	09/03/2012	12/08/2014
Plinto	08/05/2010	09/03/2012
Muro	02/11/2010	18/01/2012
Impermeabilización	23/06/2011	22/05/2014
Cara de Concreto	17/05/2012	14/08/2014
Toma de Aguas		
Obra Civil	25/05/2012	27/09/2013
Montaje Compuertas	01/01/2013	29/01/2013
Vertedor		
Excavación	19/06/2010	01/02/2012
Obra Civil	06/07/2011	19/08/2014
Montaje Compuertas	10/12/2013	19/08/2014
Descarga de Fondo		
Caverna de Compuertas	12/05/2010	24/11/2010
Montaje de Compuertas	23/07/2010	24/11/2010
Conducción		
Túnel Principal		
Excavación Túnel	08/03/2011	01/10/2014
Revestimiento Túneles	25/01/2012	10/03/2014
Tubería		
Obra Civil	30/08/2010	04/04/2014
Montaje Metálmecánico	12/08/2010	18/03/2014
Tanque de Oscilación		
Obra Civil	19/03/2013	07/01/2015
Montaje Metálmecánico	19/12/2012	19/02/2015
Casa de Máquinas		
Excavación	05/11/2009	01/02/2011
Obra Civil	01/02/2011	14/06/2013
Montaje Metalmecánico	10/01/2012	30/06/2014
Pruebas		
Secas	30/01/2014	10/06/2014
Húmedas	19/02/2015	29/05/2015

Fuente: Departamento de Planeamiento y Control, P.H Reventazón.

Flujograma de actividades

A continuación se presenta el programa de trabajo para cada una de las obras a construir, con sus principales actividades a ejecutar.

Nombre de tarea	Comienzo	Fin
PH Reventazón	**16/04/09**	**29/05/15**
Accesos	**16/04/09**	**15/03/13**
Caminos de acceso	16/04/09	15/03/13
Obras de Desvío	**18/06/09**	**22/07/11**
Excavación Túneles de desvío	18/06/09	14/10/10
Revestimiento Túneles	02/09/10	18/02/11
Estructuras Entrada Túneles	16/08/10	16/01/11
Montaje Compuertas	31/01/11	16/05/11
Estructuras de Salida	10/12/10	26/03/11
Contraataguía	17/05/11	21/05/11
Ataguía	17/05/11	22/07/11
Obras de Contención	**21/08/09**	**19/08/14**
Presa	**21/08/09**	**14/08/14**
Excavación de Presa MI	21/08/09	23/10/10
Excavación de Presa MD	04/12/09	09/07/10
Excavación de Presa Base	27/01/11	29/12/11
Relleno	09/03/12	12/08/14
Plinto	10/05/10	09/03/12
Muro	02/11/10	18/01/12
Impermeabilización	23/06/11	22/05/14
Cara de Concreto	17/05/12	14/08/14
Toma de Aguas	**25/05/12**	**27/09/13**
Obra Civil	25/05/12	27/09/13
Montaje Compuertas	01/01/13	29/01/13
Vertedor	**21/06/10**	**19/08/14**
Excavación	21/06/10	01/02/12
Obra Civil	06/07/11	19/08/14
Montaje Compuertas	10/12/13	19/08/14
Descarga de Fondo	**12/05/10**	**24/11/10**
Caverna de Compuertas	12/05/10	24/11/10
Montaje de Compuertas	23/07/10	24/11/10
Conducción	**12/08/10**	**19/02/15**
Túnel Principal	**08/03/11**	**01/10/14**
Excavación Túnel	08/03/11	01/10/14
Revestimiento Túneles	25/01/12	10/03/14
Tubería	**12/08/10**	**04/04/14**
Obra Civil	30/08/10	04/04/14
Montaje Metálmecánico	12/08/10	18/03/14
Tanque de Oscilación	**19/12/12**	**19/02/15**
Obra Civil	19/03/13	07/01/15
Montaje Metálmecánico	19/12/12	19/02/15
Casa de Máquinas	**05/11/09**	**30/06/14**
Excavación	05/11/09	01/02/11
Obra Civil	01/02/11	14/06/13
Montaje Metalmecánico	10/01/12	30/06/14
Pruebas	**30/01/14**	**29/05/15**
Secas	30/01/14	10/06/14
Húmedas	19/02/15	29/05/15



Fuente: Departamento de Planeamiento y Control, P.H Reventazón.

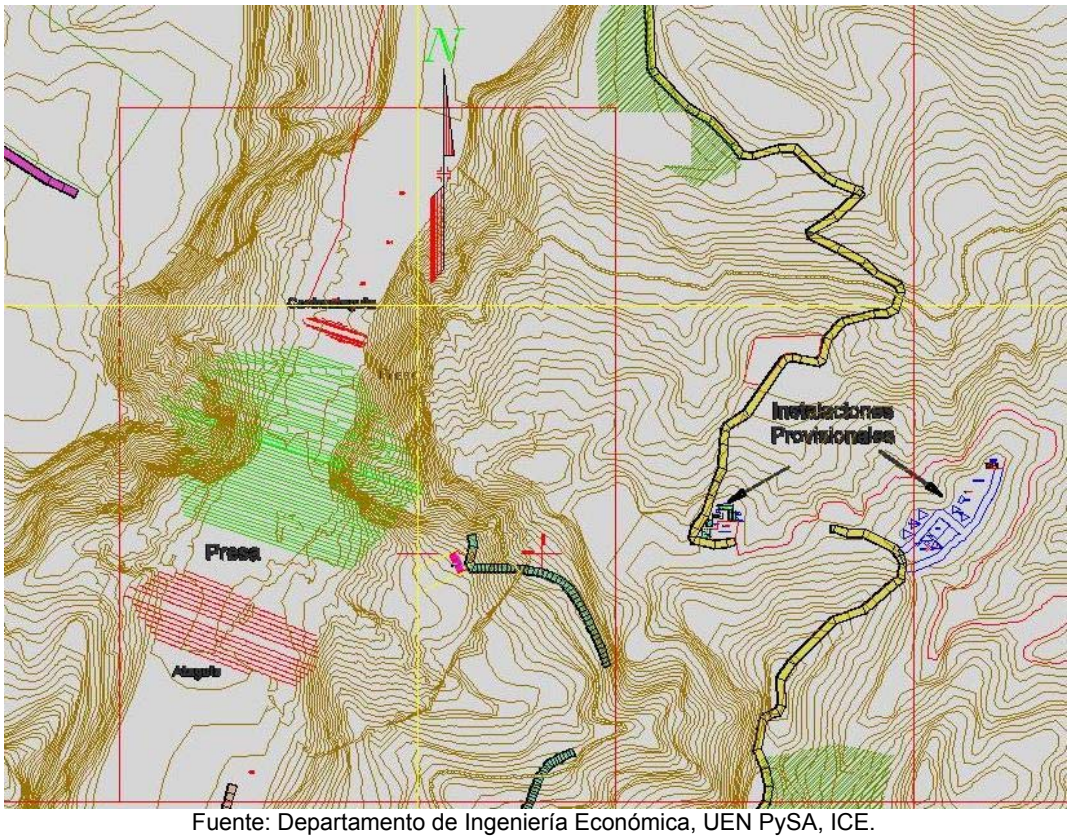
Infraestructura a desarrollar

Para la ejecución del proyecto se requiere la construcción de instalaciones de carácter provisional en cada sitio de obra, tales como comedor, talleres, dispensario, bodegas y otros. A continuación se presenta la descripción de estos sitios para cada una de las obras:

Presa

Se han establecido preliminarmente dos sitios para la ubicación de las instalaciones provisionales que darán servicio a la obra.

Figura 5.65
Ubicación de instalaciones provisionales para la presa



Fuente: Departamento de Ingeniería Económica, UEN PySA, ICE.

En uno de los sitios se ubicarán las oficinas de los encargados de obra e inspectores, el dispensario, comedor, bodegas de personal, bodega de materiales y herramientas y el patio de materiales. Este primer sitio tiene un área aproximada de 6 000 m^2.

En el segundo sitio, que tiene un área aproximada de 3 ha, se ubicará la planta de concreto, los talleres y otro patio de materiales.

En el siguiente cuadro se desglosan las áreas constructivas de las diferentes edificaciones previstas para las instalaciones provisionales de la obra.

Cuadro 5.9
Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales de la presa

Uso	Área (m^2)
Oficina	127
Servicios sanitarios	24
Comedor	200
Dispensario	90
Bodega	240
Banco transformadores	170
Bodega de personal	330
Planta de emergencias	90
Talleres	355
Compresores	30
Plantas de concreto (2)*	8000
Total	**9556**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Randall Bonilla, P.H. Reventazón.

**El área de las plantas de concreto incluye las áreas de calles de acceso, sitios de acopio, tanques de agua, silos de cemento, rampas, dosificadoras y caseta de control.*

Túnel

En paralelo con la excavación, se ejecutará la construcción de instalaciones provisionales, que corresponden a la construcción de oficinas, comedores para personal, servicios sanitarios, bodegas, talleres y otros.

Todas las instalaciones se ubicarán en las cercanías del final de túnel (FT), ya que desde este punto se desarrollará toda la logística de construcción de la obra. El área total de construcción requerida es de 784 m^2 en instalaciones y 900 m^2 para la construcción de las plantas de concreto. Las áreas requeridas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.10
Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales del túnel

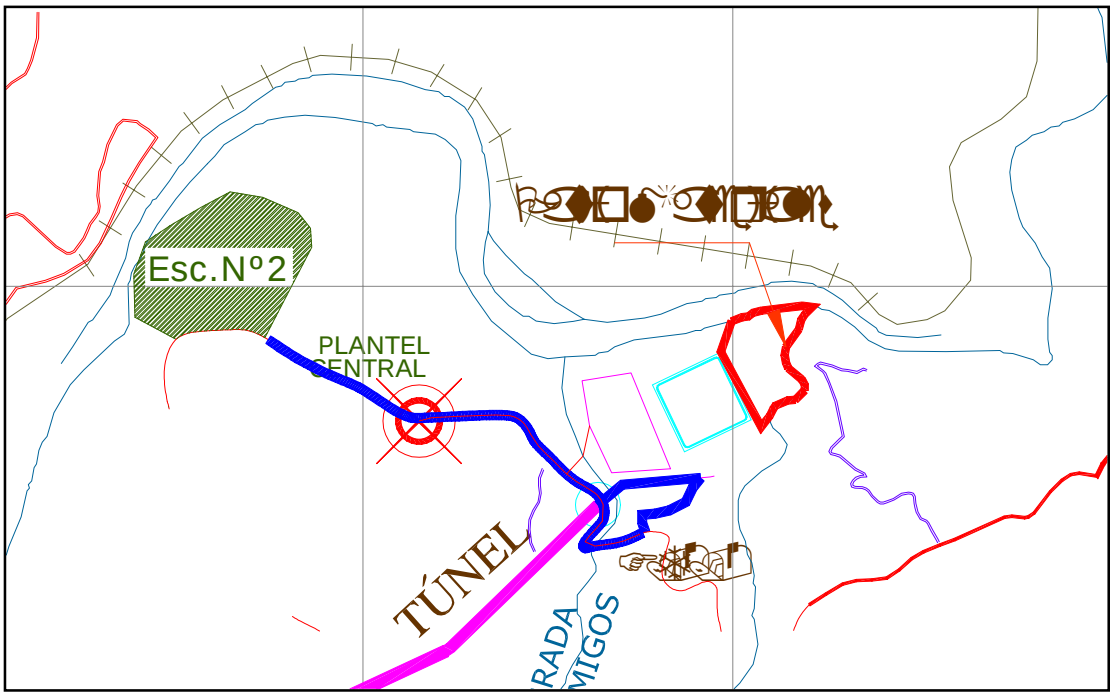
Uso	Área (m^2)
Oficina	50
Servicios sanitarios	24
Comedor	70
Dispensario	40
Bodega	15
Banco transformadores	170
Bodega de personal	90
Compresores	30
Planta de emergencias	40
Taller de soldadura	80
Taller de baterías	85
Taller de reparación	90
Plantas de concreto	900
Total	**1 684**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Camilo Vargas, P.H. Reventazón.

Toda el área para instalaciones provisionales y almacenamiento de materiales y plantas de concreto ocupará 45 000 m^2.

Las instalaciones se construirán en un área aledaña a la subestación, según se indica en la figura 5.66

Figura 5.66
Instalaciones provisionales



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Tubería de presión y tanque de oscilación

Estarán ubicadas en la terraza del tanque de oscilación y constarán de oficinas, baños, bodegas de materiales y de equipo, comedor, cocina, dispensario y talleres

Las áreas de construcción se detallan en el siguiente cuadro:

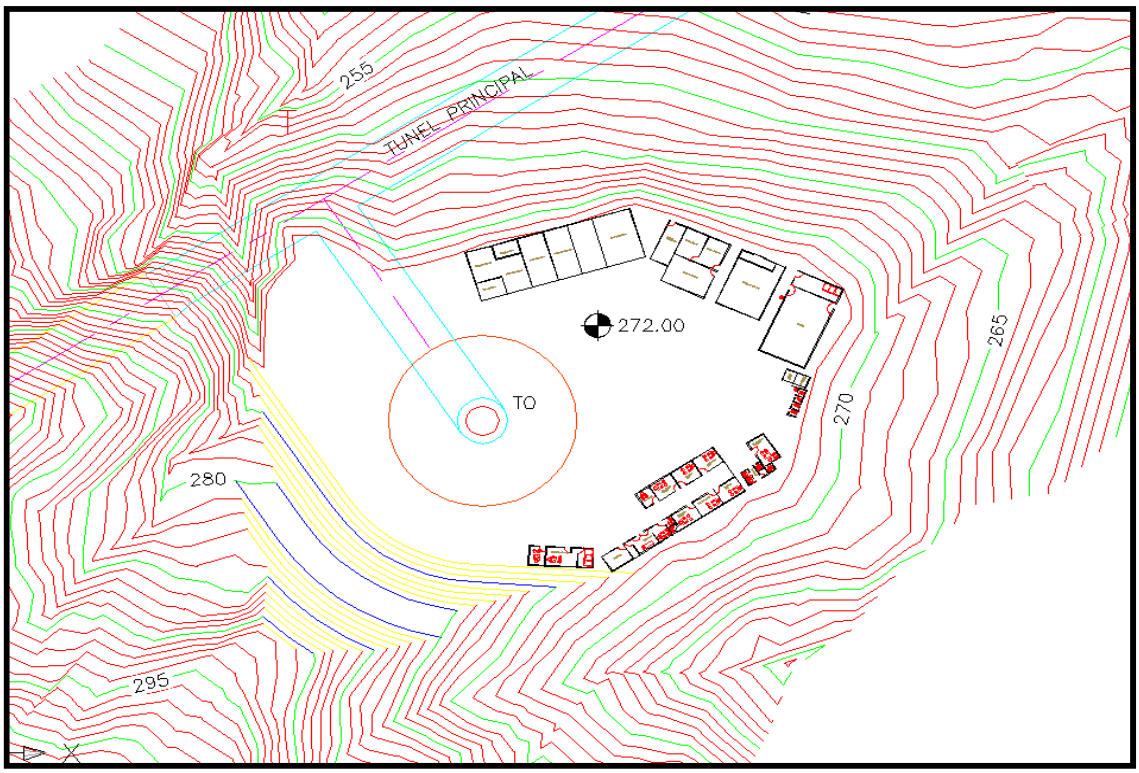
Cuadro 5.11
Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales de la tubería y el tanque de oscilación

Uso	Área (m^2)
Instalaciones civiles	453
Montaje	324
Control de calidad	33
Dispensario	26
Uso general	137
Total	**975**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

En la figura 5.67 se detallan las instalaciones provisionales a construir.

Figura 5.67
Instalaciones provisionales T.O.



Fuente: Elaboración propia, Ing. Alexander Muñoz, P.H. Reventazón.

Subestación

Esta actividad contempla la construcción de las instalaciones necesarias para los trabajos durante la ejecución de la obra. El método constructivo se resume en paneles cuyo "esqueleto" es de madera de 1x3", formando un retículo de 1,22 x 2,44 m y con forro de material fibrolit, modulando conforme el área de las paredes de la instalación. Este tipo de paredes se levantan sobre una losa de concreto.

A continuación se presenta un resumen de las instalaciones a utilizar:

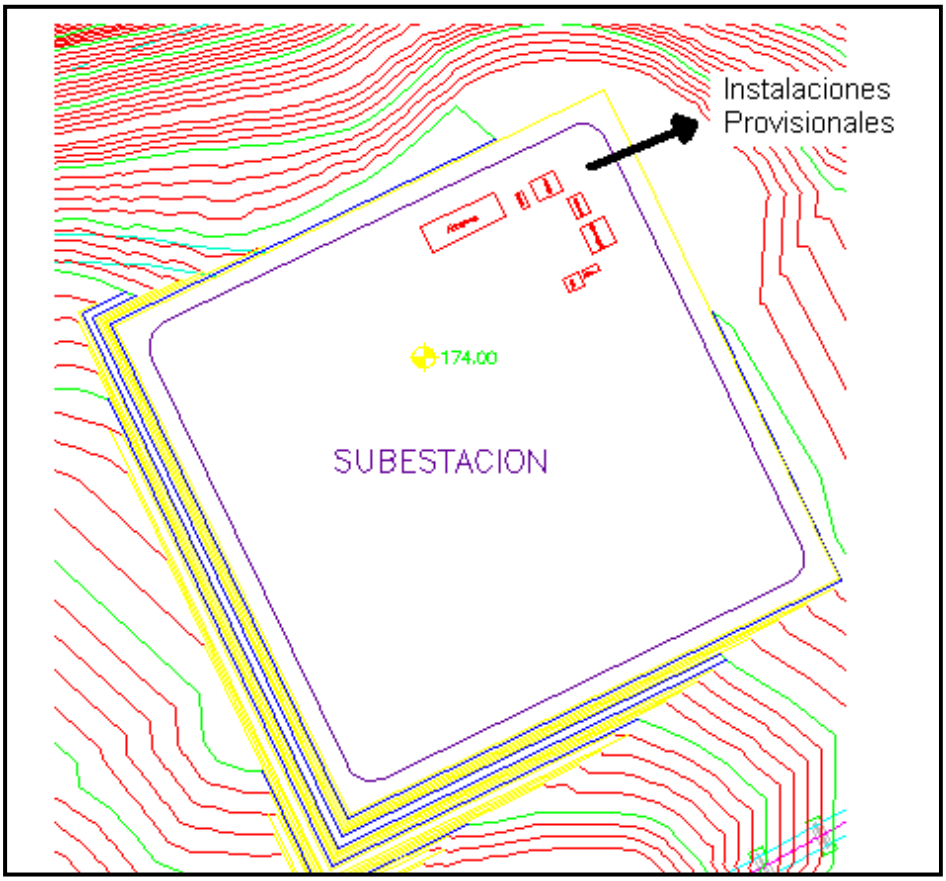
Cuadro 5.12
Áreas correspondientes a las instalaciones provisionales de la subestación

Uso	Área (m^2)
Área prefabricado	100
Taller	30
Bodega	300
Oficinas	80
Baños	15
Comedor	50
Total	**575**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Kermit Carvajal, P.H. Reventazón.

En la figura 5.68 se detallan las instalaciones provisionales a construir.

Figura 5.68
Instalaciones provisionales



Fuente: Elaboración propia, Ing. Kermit Carvajal, P.H. Reventazón.

Casa de máquinas

Durante el proceso constructivo se requerirá de una serie de edificaciones temporales para solventar las necesidades constructivas. Estas edificaciones se colocarán en la terraza aluvional que se encuentra contigua al cauce del río, la cual tiene un área de 8 000 m^2 y estará protegida por el dique.

El área requerida para estas edificaciones se estima en 5 535 m^2. A continuación se expone el detalle:

Cuadro 5.13
Descripción de las instalaciones provisionales

Descripción	Área (m^2)
Planta de concreto	500
Almacén electromecánico	3 000
Comedor	150
Depósito obra civil	500
Depósito Montaje Eléctrico	100
Depósito Montaje Mecánico	100
Talleres obra civil	215
Talleres electromecánico	100
Oficinas	250
Servicios sanitarios	60
Guardarropas	60
Calles internas	400
Área de trampas de aceites de maquinaria	100
Total	**5 535**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Fabio Ulate, P.H. Reventazón.

Sitios de préstamo

En esta fase se desarrollan todas las labores de instalación de infraestructura en el sitio para dar el apoyo logístico a la obra, también el montaje de los equipos de trituración, cribas estacionarias y sitios de almacenamientos de combustible.

Dentro de las instalaciones de apoyo logístico se incluyen:

- Oficina de geólogo de la obra.
- Oficina de inspectores y asistente.
- Oficina de técnico de la obra.
- Comedor.
- Dispensario de Salud Ocupacional.
- Bodega de materiales.
- Bodega para el personal.
- Área de talleres mecánico, eléctrico y soldadura.
- Área para paneles de control de los equipos de trituración.

Fotografía 5.44
Ilustración de oficinas y comedor

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Cariblanco, ICE.

En lo que respecta a la infraestructura para la extracción y trituración de los materiales de construcción, se incluye:

- Instalación de cercas en el área que se arrendará o comprará.
- Raspado de la cubierta vegetal del área del quebrador, área de acopios y área de instalaciones provisionales.
- Relleno con lastre en las áreas de quebrador, acopios e instalaciones provisionales.
- Instalación y montaje de los equipos de quebradores.
- Montaje de cribas estacionarias.
- Instalación de bandas transportadoras largas.
- Construcción de línea eléctrica y banco de transformadores.
- Construcción de sedimentadores.
- Construcción de vías de acceso desde el río hasta la planta de trituración.
- Instalación de los servicios básicos (agua, luz, teléfono, red).
- Construcción de área para almacenamiento de combustibles.
- Construcción de losas para cambios de aceite y recolectores de aceites y grasas.

Fotografía 5.45

Actividad de raspado para la colocación de la planta de trituración de materiales

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Toro 3, ICE.

Fotografía 5.46

Relleno de área de patios de trituración

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Toro 3, ICE.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de las áreas necesarias para instalaciones provisionales:

Cuadro 5.14

Infraestructura de la obra

Infraestructura	Cantidad	Área (m^2)
Casetilla de Vigilancia	3	24
Casetillas de Inspectores	8	64
Comedor-Servicios Sanitarios	1	40
Bodega para personal ICE-Quebrador	1	10
Bodega para personal ICE-Río	1	5
Bodega Archivo	1	6
Oficina para Técnico de Quebrador	1	11
Oficina para Técnico de Río	1	11
Oficina de Control e Inspección	1	15
Oficina de Profesional de la Obra	1	15
Dispensario de Salud Ocupacional	2	16
Taller Eléctrico Quebrador	1	25
Taller de Soldadura Quebrador	1	20
Taller Mecánico Quebrador	1	15
Bodega de Repuestos Quebrador	1	20
Total		**297**

Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Toro 3, ICE.

Como se indica en el cuadro anterior, el área total de instalaciones provisionales es de 297 m^2, a los cuales se les debe adicionar otras áreas como:

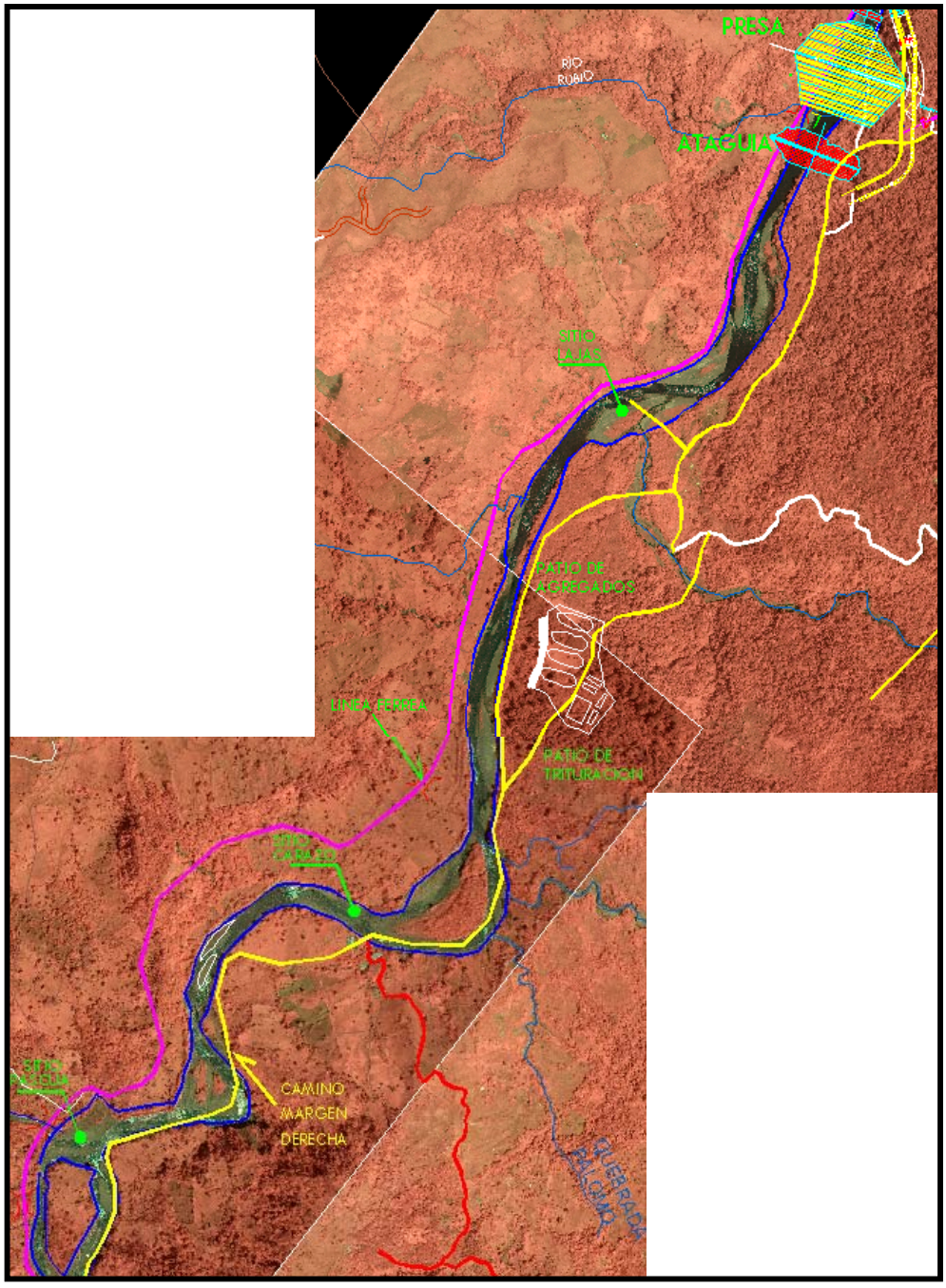
- Área de quebrador: 7 500 m^2
- Área de patio de almacenamiento de agregados: 40 000 m^2

Lo que representa un total de área a ocuparse de: 47 797 m^2.

La ubicación espacial de toda esta infraestructura, se muestra en la figura 5.69

Figura 5.69

Ubicación de Infraestructura



Fuente: Tomada por el Geólogo Edwin Garita, P.H Toro 3, ICE.

Área para estacionamiento y mantenimiento de maquinaria

Para definir las áreas necesarias de estacionamiento para cada una de las obras, se utilizan los valores máximos de maquinaria móvil para un mismo periodo. Estas áreas se cubren con una capa de lastre y se encuentran al aire libre. Si es bueno aclarar que no

necesariamente se ocupara esta área en un solo bloque, sino dependiendo de la organización de la obra, se podría distribuir el área en distintos puntos de parqueo.

No se considera en el análisis la maquinaria estacionaria o móvil, como compresores, excavadoras, tractores, grúas, compactadoras, lanzadoras de concreto, ya que normalmente permanecen en el frente de trabajo según el avance.

Presa

En el siguiente cuadro se muestra el detalle.

Cuadro 5.15
Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de la presa.

Tipo de maquinaria	Cantidad máxima	Área de parqueo por unidad (m^2)	Área de parqueo total (m^2)
Autobomba	1	54	54
Automezcladora	12	31	372
Back hoe	2	40	80
Cargador	3	51	153
Montacargas	3	38	114
Niveladora	2	48	96
Tanqueta de riego	4	31	124
Vagonetas 18 m^3	42	63	2 646
Total			**3 639**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

Para la maquinaria móvil a utilizar en la presa se requiere un área de estacionamiento mínima de 0,3 ha. Esta área se le suma a los 0,9 ha requeridas para el resto de instalaciones provisionales de la obra, para un total de 1,2 ha.

Obras subterráneas

En el cuadro 5.16 se muestra el detalle.

Cuadro 5.16
Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de las obras subterráneas

Tipo de maquinaria	Cantidad máxima	Área de parqueo por unidad (m^2)	Área de parqueo total (m^2)
Automezcladora	7	31	217
Back hoe	2	40	80
Cargador	1	51	51
Vagonetas 12 m^3	12	31	372
Total			**720**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

El área total a utilizar es de 0,07 ha, la cual se agrega a las 0,1 ha necesarias para el resto de instalaciones provisionales de las obras subterráneas.

Tanque de oscilación y tubería de presión

En el cuadro 5.17 se muestra el detalle.

Cuadro 5.17
Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil del tanque de oscilación y la tubería de presión

Tipo de maquinaria	Cantidad máxima	Área de parqueo por unidad (m^2)	Área de parqueo total (m^2)
Vagonetas 12 m^3	50	31	1 550
Automezcladora	3	31	93
Total			**1 643**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

El área total a utilizar es de 0,16 ha, la cual se agrega a las 0,09 ha necesarias para el resto de instalaciones provisionales de estas obras.

Casa de máquinas

En el cuadro 5.18 se muestra el detalle.

Cuadro 5.18
Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de la casa de máquinas

Tipo de maquinaria	Cantidad máxima	Área de parqueo por unidad (m^2)	Área de parqueo total (m^2)
Autobomba	1	54	54
Automezcladora	4	31	124
Back hoe	2	40	80
Montacargas	1	38	38
Vagonetas 12 m^3	20	31	620
Total			**916**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

El área total a utilizar es de 0,09 ha, la cual se agrega a las 0,5 ha necesarias para el resto de instalaciones provisionales de la obra.

Subestación

En el cuadro 5.19 se muestra el detalle.

Cuadro 5.19
Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de la subestación

Tipo de maquinaria	Cantidad máxima	Área de parqueo por unidad (m^2)	Área de parqueo total (m^2)
Automezcladora	1	31	31
Back hoe	1	40	40
Camión grúa	1	31	31
Vagonetas 12 m^3	2	31	62
Total			**164**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

El área total a utilizar es de 0,01 ha, la cual se agrega a las 0,05 ha necesarias para el resto de instalaciones provisionales de la obra.

Sitios de préstamo

En el cuadro 5.20 se muestra el detalle.

Cuadro 5.20
Áreas totales para el estacionamiento de la maquinaria móvil de los sitios de préstamo

Tipo de maquinaria	Cantidad máxima	Área de parqueo por unidad (m^2)	Área de parqueo total (m^2)
Back hoe	1	40	40
Montacarga	1	31	31
Vagonetas 12 m^3	30	31	930
Vagonetas 24 m^3	50	71	3 550
Total			**4 551**

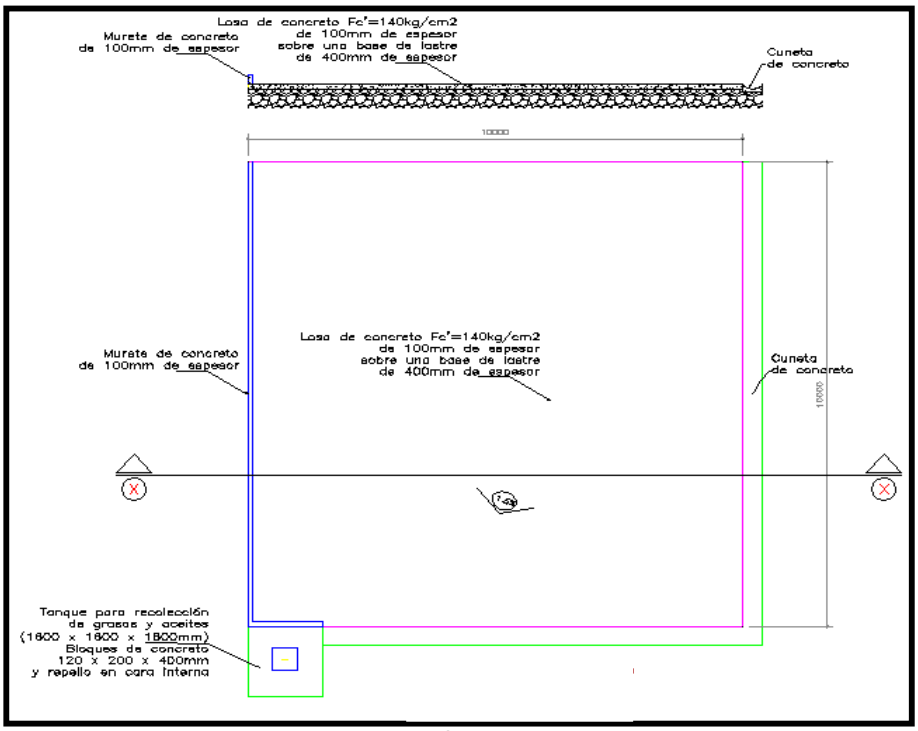
Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

El área total a utilizar es de 0,4 ha, la cual se agrega a las 4,7 ha necesarias para el resto de instalaciones provisionales de los sitios de préstamo.

Para el mantenimiento de maquinaria se establecerán áreas con las siguientes características (ver figura 5.70):

- losa de concreto de 10 cm de espesor, sobre una base de lastre de 40 cm y una resistencia de 140 kg/cm^2 y con una pendiente del 1,5% hacia la fosa recolectora.
- canales perimetrales para recolectar derrames o residuos líquidos de hidrocarburos.
- fosa recolectora con sistema de separación de aceites.

Figura 5.70
Diseño típico de un área para mantenimiento de maquinaria



Fuente: Departamento de Construcción, P.H Reventazón.

El tamaño de estas áreas, para cada una de las obras, dependerá de la cantidad de maquinaria por sitio. En el cuadro 5.21 se muestra el detalle:

Cuadro 5.21
Área total de mantenimiento de maquinaria requerida por obra

Obra	Capacidad del área	Área por tipo de maquinaria (m^2)	Área total (m^2)
Presa	4 Vagonetas de 18 m^3	252	360
	2 espacios para maquinaria (back hoe, autobomba, cargador, niveladora o montacarga)	105	
Obras subterráneas	2 Vagonetas de 12 m^3	62	113
	1 espacio para maquinaria (back hoe, automezcladora o cargador)	51	

Obra	Capacidad del área	Área por tipo de maquinaria (m^2)	Área total (m^2)
Tanque de oscilación y tubería	4 Vagonetas de 12 m^3 1 espacio para automezcladora	124 31	155
Casa de máquinas	2 Vagonetas de 12 m^3 2 espacios para maquinaria (back hoe, automezcladora, autobomba o cargador)	62 108	170
Subestación	1 Vagoneta de 12 m^3 1 espacio para maquinaria (back hoe, automezcladora o camión grúa)	31 40	71
Sitios de préstamo	5 Vagonetas de 24 m^3 3 Vagonetas de 12 m^3 2 espacios para maquinaria (back hoe o montacarga)	250 93 80	423
Total			**1 292**

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

5.7.1 Equipo y materiales a utilizar

En el siguiente cuadro se muestra la maquinaria estacionaria y móvil más importante a utilizar por obra.

Cuadro 5.22
Cantidad de maquinaria requerida por obra

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
Presa	Automezcladoras	2	Colado de muros, losas, concretos masivos, concreto lanzado
	Back hoe	2	Limpieza y preparación, colocación de alcantarillas, rellenos compactados
	Compactador 563E	2	Compactación de carpeta de rodamiento , cresta y transición presa vertedor
			Compactación de filtros del relleno de la presa
	Compactadoras 2 toneladas	1	Anclajes de la toma, concreto lanzado y colocación de acero, colocación de pernos, preparación de superficie en las márgenes de la presa
	Compresor	9	
	Excavadora 330 Cat	21	Excavación a cielo abierto, extracción de material, rellenos compactados, estabilización de la fundación, remoción de dique, relleno de la presa, ataguía y contraataguía
			Excavación de márgenes de la presa y fundación
			Colocación de estructuras Estabilización
		6	Inyección

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
	Excavadora con martillo		Excavación en roca
		2	Acero estructural y refuerzo
	Grúa llantas	6	Compactación del relleno
	Lanzadoras de concreto	2	Colocación de formaleta y carga de materiales en obras de concreto de altura
	Mezcladora de lechada	5	
	Rock driller	14	Preparación obras de desvío, relleno de la presa y ataguías, estabilización de la fundación y base de la presa
	Soldadoras	4	
	Tanqueta riego	3	Preparación obras de desvío, relleno de la presa y ataguías, excavación del portal de salida
	Torre grúa		Inyección del plinto
		25	Concreto de pilares, muros y losas, vigas y bloques
	Tractor D8		Concreto de pilares, muros y losas, vigas y bloques
		38	Colar concreto en obras masivas de gran altura
	Vagonetas		Colar concreto en obras menores
		2	Colar concreto
	Vehículos	4	Excavación del vertedor, excavavión de base y fundación de la presa,

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
	Autobomba	8	compactación de ataguía, contraataguía y cuerpo de la presa
	Automezcladora	2	Conformación de la cara de concreto
	Balde para concreto	3	Colocación de acero de la cara de concreto, colocación de rejillas, montaje de grúa viajera, anclajes, pernos
	Batidora de concreto	6	Colar concreto en obras masivas de gran altura
	Bomba para colocar concreto	4	Concreto de pilares, muros y losas, vigas y bloques
	Compactador 533E	1	Compactación de lastres de carpeta de rodamiento Excavación a cielo abierto Excavación de la base de la presa, estabilización de la fundación, relleno de la presa y ataguías
	Formaleta deslizante	3	Excavación a cielo abierto
	Grúa	4	
	Grúa pequeña	3	
	Montacargas manitou	1	

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
	Niveladora	3	
	Tractor D7	50	
	Vagoneta 769D	48	
	Vagoneta D300E		
Obras subterráneas	Excavadora CAT 320	3	Excavación de Material.
	Excavadora CAT 311	1	Conformación de Taludes
	Tractor de Orugas	2	Corte de Material
	Vagoneta 12 m^3	12	Acarreo de Material
	Retroexcavador	2	Excavación de Material
	Jumbo de tres brazos	1	Perforación de Túnel
	Cargador de Orugas	1	Carga de Material
	Máquina para lanzado de concreto de 20 m3/hora	1	Colocación de concreto lanzado
	Tractor Orugas CAT D8	1	Conformación de Banco
	Cargador CAT 950	1	Carga de Material
	Automezcladora	7	Transporte de Concreto
Tanque	Excavadora tipo	2	Remoción de material,

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
de oscilación	Caterpillar 320 LC		excavación y detalle de taludes
	Tractor de orugas tipo Komatsu D65 P	2	Corte y apilamiento de material.
	Vagonetas de 12 m³	22	Acarreo
Tubería de presión	Excavadora tipo Caterpillar 320 LC	3	Remoción de material, excavación y detalle de taludes
	Tractor de orugas tipo Komatsu D65 P	2	Corte y apilamiento de material.
	Vagonetas de 12 m³	28	Acarreo
	Automezcladora de 6 m^3	3	Transporte del concreto
	Aliva 260	1	Colocado del concreto lanzado
	Bomba de concreto estacionaria	2	Colocado de concreto
Casa de máquinas	Excavadora tipo Caterpillar 320 LC	4	Remoción de material, excavación y detalle de taludes
	Tractor Orugas CAT D8	1	Conformación de banco
	Tractor de orugas tipo Komatsu D65 P	1	Corte y apilamiento de material.
	Vagonetas de 12 m^3	20	Acarreo

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
	Back hoe	2	Excavación de Material
	Autobomba	1	Colocación de concreto
	Torre grúa	1	Montaje de estructuras y materiales
	Automezcladoras	4	Transporte de concreto
	Montacargas	1	Carga de Material
Subestac.	Excavadora tipo Caterpillar 320 LC	1	Remoción de material, excavación y detalle de taludes
	Back Hoe	1	Excavación de Columnas, Malla Tierra, Búnker, ductos, tapia perimetral y Sistema de aguas
	Camión Grúa para 7 ton (con Canasta)	1	Montaje de estructuras y equipos, instalación de barras e Hilo Guarda
	Grúa Telescópica (≥ 20 ton)	1	Montaje Transformador Reductor
	Vagonetas de 12 m³	2	Acarreo
	Automezcladora de 6 m^3	1	Transporte concreto
Plantel central	Retroexcavador	2	Labores generales de construcción de obras
	Pick up	2	
	Camión de carga	1	

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
	Camión Tanden	1	
	Grúa de 25 ton	1	
	1 Automezcladora	1	
	Excavadora tipo Caterpillar 320 LC	1	Remoción de material, excavación y detalle de taludes
	Tractor de orugas tipo Komatsu D65 P	1	Corte y apilamiento de material.
	Vagonetas de 12 m³	2	Acarreo
Sitios de préstamo	Excavadoras tipo Caterpillar 330 LC	2	Extracción de material aluvional en río
	Excavadoras tipo Caterpillar 345 BL	3	Extracción de material aluvional en río
	Tractor de orugas roquero tipo Caterpillar D8	3	Corte y remoción de material aluvional en río
	Vagonetas roqueras tipo Caterpillar 769 D de 24 m^3	50	Acarreo de material aluvional a obras y Quebrador
	Vagonetas de dos ejes tipo Tandem de 12 m^3	30	Acarreo de material aluvional a obras y caminos
	Retroexcavador (back hoe) tipo 420 Caterpillar	1	Construcción de drenajes, caños, cunetas, etc.

Obra	Equipo a utilizar	Cantidad	Actividad a ejecutar
	Tractor de orugas pantanero tipo D65P Komatsu	1	Corte y raspado en suelo para construcción de caminos, terrazas de Patios de Trituración y Acopios
	Montacarga tipo Manitou	1	Acarreo y sostenimiento de piezas en el montaje de los quebradores
	Bombas de succión de agua tipo Bibo 5	3	Para el lavado de los agregados
	Grúa de 30 Ton	1	Para instalación de equipos de trituración

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

Por la magnitud de este proyecto, la cantidad de materiales a utilizar es diversa y numerosa, por lo que a continuación se presenta un listado representativo de los principales materiales a usar en algunas obras:

Cuadro 5.23
Tipos de materiales principales para la construcción de las obras

Material	Cantidad	Unidad
Presa		
Agregado para concreto	185000	m^3
Aditivo para concreto	430000	litro
Cemento	95000	ton
Acero de refuerzo	16000	ton
Otros aceros	4	ton
Malla electrosoldada	128000	m^2
Vigas W 6m	6500	und
Alcantarillas 1m	250	und
Aditivo para pernos	775	litro
Túnel		
Arco de acero Viga	614	ud
Concreto	6 800	m^3
Tubería de acero de 10 cm en 6 m de largo	400	und

Material	Cantidad	Unidad
Tubería de acero de 15 cm en 6 m de largo	400	und
Pernos Pasivos	4 000	und
Explosivo	150	ton
Fulminantes no Eléctrico	115 000	und
Fulminantes Eléctricos	1 200	und
Brocas 45 mm	400	und
Broca 64 mm	50	und
Brocas 127 mm	15	und
Barras para barrenación	200	und
Manguera para agua diversos diámetros	400	m
Manguera para aire diversos diámetros	400	m
Subestación		
Concreto	2 000	m^3
Bloques concreto 12x20x40	25 000	und
Bloques concreto 15x20x40	1 000	und
Bloques concreto 20x20x40	1 000	und
Varilla # 2 G-40	1 000	und
Varilla # 3 G-40	10 000	und
Varilla # 4 G-40	2 000	und
Varilla # 5 G-40	250	und
Varilla # 6 G-40	4 000	und
Varilla # 3 lisa G-40	1 500	und
Varilla # 4 lisa G-40	50	und
Varilla # 6 lisa G-40	50	und
Pernos Varios	1 000	und
Alambre negro # 16	3 500	und
Malla Electro soldada # 2	20	und
Pintura Acrílica	50	gl
Pintura aluminio	20	gl
Pintura antiácido	20	gl
Minio Rojo	40	gl
Fast Dry	25	gl
Tubería drenaflex 150 mm Φ	200	und
Tubería PVC 200 Φ SDR - 26x6 m	50	und
Tubería PVC 250 Φ SDR - 26x6 m	50	und
Tubería PVC 300 Φ SDR - 26x6 m	15	und
Tubería PVC 400 Φ SDR - 26x6 m	10	und
Tubería PVC 500 Φ SDR - 26x6 m	2	und
Tee 200 mm Φ	5	und
Tee 250 mm Φ	5	und

Material	Cantidad	Unidad
Tee 300 mm Φ	5	und
Reducción 200-150 mm Φ	20	und
Reducción 250-200 mm Φ	5	und
Reducción 300-250 mm Φ	5	und
Codo 90º 200 mm Φ	10	und
Codo 90º 250 mm Φ	10	und
Codo 45º 200 mm Φ	5	und
Codo 45º 300 mm Φ	5	und
Lámina fibrolit 0.3 x 2.44 x 8mm	60	und
Pegacem componente A-B 1/4" galón	2	und
Canal C 1.5 x 12' G-20	60	und
Angular 1" x 1"x 8' G-20	95	und
Furring channel 12' G-20	120	und
Lámina de gypsum 4' x 8' x 1/2"	75	und
Lámina de gypsum MR 4' x 8' x 1/2"	60	und
Tornillos p/gypsum 6 x 1 1/4"	6 000	und
Tornillos p/gypsum 7/16"	1 000	und
Cubeta de pasta p/gypsum	20	und
Lámina 4' x 8' x 3/8"	2	und
Lámina 4' x 8' x 3/16"	10	und
Lámina 4' x 8' x 1/4"	5	und
Angular 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	5	und
Angular 2" x 2" x 1/4"	100	und
Angular 1 1/2" x 1 12" x 1/4"	35	und
Angular 1" x 1" x 1/4"	20	und
Tubo 1 x 2 x 1.5mm	30	und
Perfil RT3-13	60	und
Tuercas 1/2"	16	und
Arandelas 1/2"	16	und
Lamina ondulada HG # 26 1.07 x 3.66 esmaltada ambas caras	70	und
Lamina ondulada HG # 26 1.07 x 2.44 esmaltada ambas caras	45	und
Lamina ondulada HG # 26 1.07 x 2.44 esmaltada ambas caras	4	und
Cumbreras HG # 26 0.45 x 1.83mts	26	und
Tornillos p/techo A14 x 2	1 000	und
Canoa HG # 24 D= 24"	75	m
Varilla de tierra 3000 x 16 mm Φ	300	und

Material	Cantidad	Unidad
Aisladores porcelana	4 000	und
Canasta para cable 2,44 m	150	und
Accesorios para canasta	50	und
Tubería conduit 19 mm x 3 m	100	und
Curvas Conduit 19 mm	250	und
Cable Aluminio	4 000	m
Cable cobre desnudo 4/0	12 000	m
Cables varios de control	40 000	m
Conectores y Herrajes Aluminio	2 500	und
Conectores y Herrajes Cobre	4 000	und
Barras Cobre	20	und
Lámparas 400 W	10	und
Lámparas Alumbrado Público	20	und
Lámparas Interior	30	und
Lámparas Emergencia	10	und
Tomas	25	und
Apagadores	20	und
Centros Carga	6	und
Interruptores Seguridad	8	und
Cable Cobre Forrado (varios tamaños)	15 000	m
Transformadores	6	und
Postes Concreto	5	und
Estructuras metálicas (columnas y Vigas)	50	und
Tubería conduit 50 mm x 6 m	50	und
Tubería conduit 75 mm x 6 m	35	und
Tubería conduit 100 mm x 6 m	15	und
Accesorios Tubería conduit	40	und
Piedra cuarta	12 000	m^3
Tape	250	und
Sitios de préstamo		
Concreto	300	m^3
Tubería de acero de 10 cm en 6 m de largo	200	m
Tubería de acero de 20 cm en 6 m de largo	100	m
Manguera para agua diversos diámetros	200	m

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

- **Materiales a utilizar**

En el cuadro 5.24 se muestra la lista de los principales tipos de materiales a utilizar y su relación con alguna afectación ambiental

Cuadro 5.24
Listado de principales materiales a utilizar y su efecto ambiental

Nombre	Efecto ambiental	Ubicación	Características del sitio de almacenamiento
Metálicos			
Tubería Varilla Brocas Vigas Malla electrosoldada Malla galvanizada Láminas de zinc Láminas onduladas Alambre negro Estañones Clavos Tornillos Pernos Angulares	(Bajo) El contacto de este tipo de material con algún elemento del medio no produce un efecto ambiental negativo de manera inmediata.	En patios y bodegas del plantel o de las obras.	Dependiendo del tipo de material se puede almacenar bajo techo o a la intemperie.
Plásticos			
Mangueras Tubería y accesorios de PVC Estañones vacios Recipientes Tubería conduit y accesorios	(Bajo) El contacto de este tipo de material con algún elemento del medio no produce un efecto ambiental negativo de manera inmediata.	En patios y bodegas del plantel o de las obras.	Dependiendo del tipo de material se puede almacenar bajo techo o a la intemperie.
Eléctricos			
Tubos fluorescentes Bombillos Baterías Transformadores	(severo) El derrame de los componentes internos de estos materiales puede provocar afectación a cuerpos de agua, suelo, flora y fauna.	En bodegas y patios del plantel.	Las luminarias se almacenan en sitios bajo techo y confinados. Los transformadores se almacenan a la intemperie sobre losas de concreto o camas de piedra cuarta.
Tomacorrientes Cable con y sin forro Apagadores Cable aluminio	(Bajo) El contacto de este tipo de material con algún elemento del	En bodegas del plantel o de las obras.	Bajo techo.

Nombre	Efecto ambiental	Ubicación	Características del sitio de almacenamiento
Conectores de bronce y aluminio Interruptores	medio no produce un efecto ambiental negativo de manera inmediata.		
Materiales pétreos			
Arena Piedra Cemento Lastre Bloques de concreto Alcantarillas Fibrolit Postes de concreto Vidrio	(Bajo) El contacto de este tipo de material con algún elemento del medio no produce un efecto ambiental negativo de manera inmediata.	En patios y bodegas de obras.	Dependiendo del tipo de material se puede almacenar bajo techo o a la intemperie.
Peligrosos			
Explosivos	(Alto) El riesgo está asociado a algún daño a la integridad humana.	En polvorines	Estar alejado de construcciones habitadas en 1000 m para el polvorín central y a 350 m en los polvorines de las obras.
Pinturas y solventes	(Alto) El derrame de este tipo de material en grandes cantidades puede provocar afectación a cuerpos de agua, suelo, flora y fauna.	Búnker, oficinas y estructuras metálicas.	Zona ventilada, seca y lejos de calor y otras fuentes de ignición
Líquido de baterías	(Alto) El derrame de este tipo de material puede provocar afectación a cuerpos de agua, suelo, flora y fauna.	Sistema de corriente directa del búnker (Cuarto Baterías)	Zona ventilada, seca y lejos de calor y otras fuentes de ignición
Hidrocarburos en general	(Alto) El derrame de este tipo de material puede provocar afectación a	En bodegas, patios y estación de servicio.	Zona ventilada, lejos de calor y otras fuentes de ignición. En lugares con losas de concreto con

Nombre	Efecto ambiental	Ubicación	Características del sitio de almacenamiento
	cuerpos de agua, suelo, flora y fauna.		confinamiento. Sitios rotulados.
Biológicos	(Alto) Posibles afectaciones infectocontagiosas.	En dispensario del plantel	En recipientes adecuados para desechos biotóxicos.
Madera			
Reglas Cajas de empaque Carruchas Láminas Tarimas	(Bajo) El contacto de este tipo de material con algún elemento del medio no produce un efecto ambiental negativo de manera inmediata.	En patios y bodegas del plantel o de obras.	Dependiendo del tipo de material se puede almacenar bajo techo o a la intemperie.

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, P.H. Reventazón.

- **Rutas de movilización de equipo**

Rutas externas

Todos los materiales y equipos de importación y que ingresen desde Puerto Moín, ingresaran a través de la ruta N° 32 hasta el poblado de Siquirres, de ahí pasaran a la ruta N°10 de Siquirres hacia Turrialba, hasta la altura del poblado Coco, desde donde se desviarán a las rutas internas del proyecto. La ruta N°10 también podrá ser usada también para el ingreso de materiales provenientes de la zona de Cartago.

Los materiales y equipos que ingresen desde Puerto Caldera y las zonas de La Garita de Alajuela, lo harán a través de la Ruta N° 32 en el sentido San José–Guápiles hasta Siquirres, siguiendo, posteriormente, la ruta indicada en el párrafo anterior.

Para el ingreso de equipo y materiales a la margen izquierda de la presa se usará la ruta N° 415, desde La Herediana hasta el lugar conocido como el cruce. De este punto, se usará un camino que pasa por la Florida siguiendo hasta la margen izquierda del río Reventazón.

Aparte del transporte de equipo y materiales, estas rutas se usarán también para el traslado de personal a las distintas obras del proyecto.

Rutas internas

Para el tránsito de vehículos y maquinaria del proyecto, se usarán las rutas existentes en una longitud total de 20,2 Km. (caminos al plantel central, La Plywood, sitio Lajas, presa margen izquierda y escombrera N°7). Estas rutas se describen con mayor detalle en el capítulo de vías de acceso.

A partir de estos caminos, se construirá una red de accesos nuevos en una longitud total de 19,6 Km. en áreas a adquirir por el proyecto para la construcción. A continuación se describen cada una de estas vías:

Presa

Para este frente de trabajo se habilitarán varios caminos, según la etapa de construcción:

- *Salida de túneles de desvío*

Este camino además de dar acceso a los túneles de desvío, comunicaría con la presa aguas abajo. Dentro de su diseño, se contemplará el camino sobre un dique, ya que en una parte el camino iría paralelo al río Reventazón.

- La longitud requerida para este camino es de 1 300 m.
- El ancho requerido es de 14 m.

Fotografías 5.47 y 5.48.
Estado actual de la zona a la salida túneles de desvío

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

- *Camino al vertedor.*

Este camino no llevará a los diferentes niveles de excavación del vertedor, ya que cada berma va a tener su correspondiente camino, esto para facilitar la excavación. Este camino será utilizado para el acceso definitivo a la presa y al vertedor, durante la etapa de operación de la planta.

- La longitud requerida para este camino es de 1 200 m.
- El ancho requerido es de 14 m.

- *Camino a la toma y presa.*

Este acceso se construirá a partir del camino interno de la finca Plywood. Tendrá un primer tramo para acceder a la toma durante los procesos de excavación y obra civil y mecánica. Posteriormente seguirá hasta la base de la presa para la excavación y el enrocado. Este segundo tramo quedará inundado cuando entre en operación el embalse.

- La longitud requerida para este camino es de 2 200 m.
- El ancho requerido es de 14 m.

Fotografías 5.49 y 5.50
Estado actual de la zona a del camino a la toma y presa

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

- *Camino a la entrada de los túneles de desvío.*

Este camino se construirá a partir del camino a la presa. El trazado es paralelo a la margen derecha del río Reventazón.

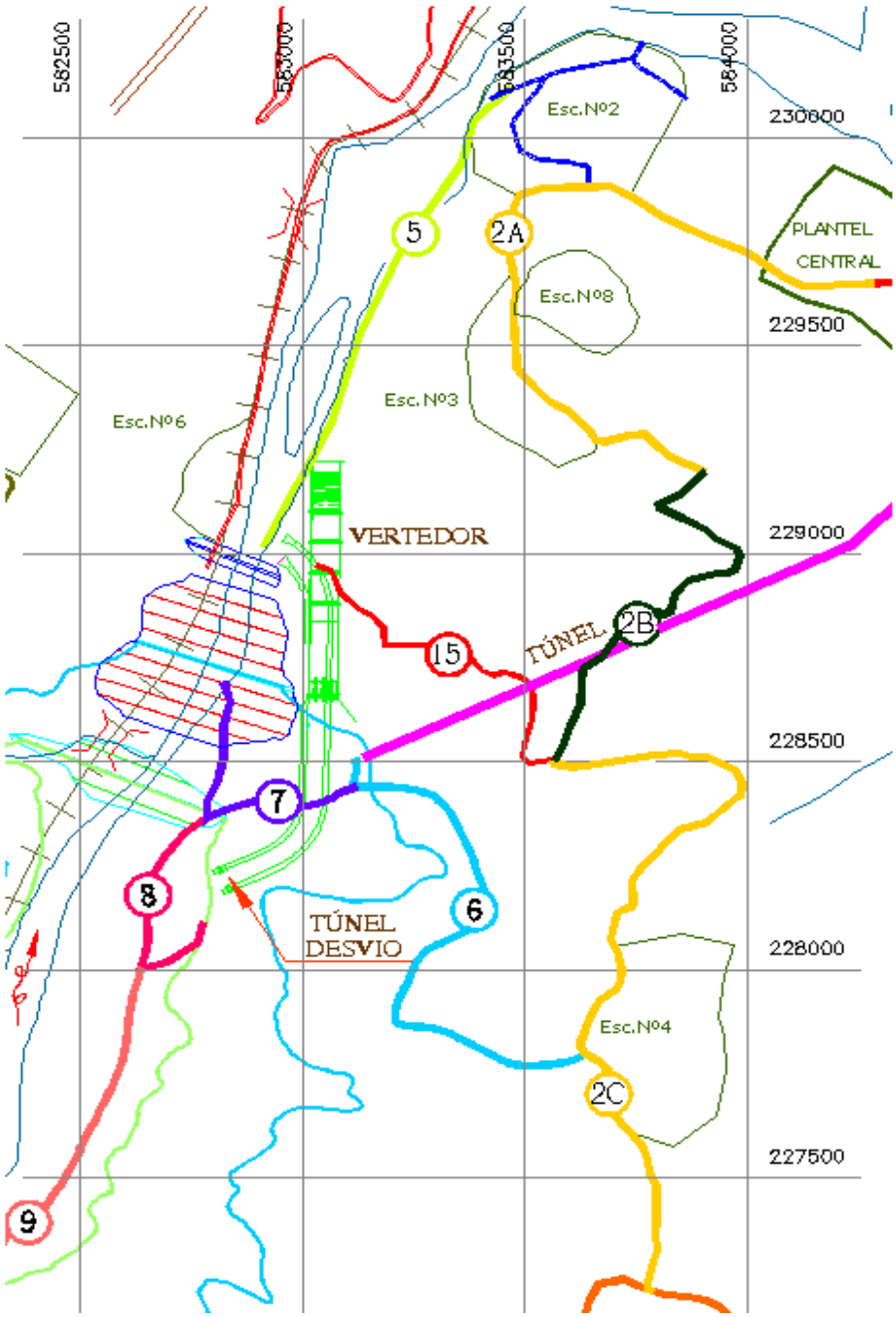
- La longitud requerida para este camino es de 650 m.
- El ancho requerido es de 14 m.

Fotografías 5.51 y 5.52
Estado actual de la zona del camino a la entrada de los túneles de desvío

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

Figura 5.71

Ubicación de los caminos a la presa y vertedor



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

**el camino señalado como 2 es el único existente. El resto corresponden a caminos a construir (5,6,7,8,9 y 15).*

Final del túnel, tubería de presión y subestación

Para estas obras será necesaria la construcción de un camino paralelo a la tubería, el cual está contemplado en el diseño de excavación de la trinchera de la tubería. Este acceso se utilizará tanto para la excavación del túnel como para los diferentes procesos de revestimiento y blindajes, así como para los trabajos civiles y de montaje metalmecánico de la tubería y subestación.

Dicho acceso se construirá (ver fotografías 5.53 y 5.54) a partir del camino existente que lleva al plantel central. Éste tendrá una superficie de rodamiento de 10 m para poder transportar la tubería en sección completa, teniendo presente que estos tubos serán del orden de los 8,5 m de diámetro. La longitud del camino es de 350 m. La superficie de rodamiento será en lastre y el material producto de esta excavación será depositado en la escombrera Nº 2. La distancia de acarreo es de 1 Km y el volumen estimado de este movimiento de tierra es de 17 500 m³ y se requieren 1 540 m³ de lastre para la superficie de rodamiento.

El manejo de aguas correspondiente a este camino se realizara mediante la conformación de cunetas en lastre, las mismas guiarán las aguas a los puntos más cercanos de desagüe donde se construirán sedimentadores para la deposición de los finos, los cuales serán limpiados periódicamente en función de su capacidad.

El área a afectar por la construcción de este acceso es de 4 200 m². A continuación se presenta una vista del estado actual de la trocha existente.

Fotografías 5.53 y 5.54

Estado actual de la zona del camino al final del túnel, subestación y tubería de presión

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

Tanque de oscilación

Para los trabajos de esta obra, esencialmente para montaje y obra civil, será necesaria la construcción de un camino de acceso, que se utilizará tanto para la excavación del pozo, como para los diferentes procesos civiles y de montaje del tanque.

Este camino se construirá a partir del camino existente que lleva al plantel central. Éste tendrá una superficie de rodamiento de 10 m, para poder transportar las secciones que comprenderán la construcción de cada anillo. La superficie de rodamiento será en lastre y el material producto de esta excavación de camino será depositado en la escombrera Nº 2. El volumen estimado de este movimiento de tierra es de 3 200 m³.

El manejo de aguas correspondiente a este camino se realizara mediante la conformación de cuneta en lastre, la misma guiará las aguas a los puntos más cercanos de desagüe donde se construirán sedimentadores para la deposición de los finos, los cuales serán limpiados periódicamente en función de su capacidad.

Fotografías 5.55 y 5.56

Estado actual de la zona del camino al tanque de oscilación

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

Casa de máquinas

Debido a que la construcción tiene una alta complejidad porque vincula tres áreas distintas de la ingeniería como lo son: civil, eléctrica y mecánica, es que esta obra siempre está en ruta crítica. El avance constructivo no solo depende de la eficiencia de ejecución de las distintas etapas de la obra civil sino del suministro, del montaje y de las pruebas de los equipos turbogeneradores.

Por lo tanto, se considerarán tres opciones de camino interno, de las cuales posteriormente se descartarán dos de ellas cuando se tengan más parámetros geotécnicos y se valoren los resultados de los análisis económicos de cada una de las opciones.

Las tres opciones se construirán en propiedades privadas y se inician sobre distintos puntos de la calle pública de lastre existente, la cual sirve de acceso a ellas y que servirá

como vía principal para el proyecto. Esta calle pública de lastre se interseca con la Ruta Nacional N°10 (Siquirres – Turrialba) en el sector conocido como El Coco de Siquirres.

Opción A y B

Las opciones A y B contemplan desarrollarse en fincas con un uso de suelo de pastoreo donde existen varios apartos. Tomarán como base para la línea de su trazo, trochas existentes con un ancho para un carril de flujo vehicular. Ambas opciones se inician desde la calle pública de lastre, cruzan una pequeña quebrada en común, pasan por una terraza de pastoreo y finalizan en la casa de máquinas. Tanto la opción A como la B atravesarán la trinchera de la tubería de presión. El camino de la opción A tendrá una longitud de 1 005 m, mientras que el segundo, 1 002 m. El primero de ellos está a 700 m de la ruta N° 10 (Siquirrés – Turrialba) y el segundo a 1 000 m.

Para cruzar la quebrada se colocará una estructura de paso que consistirá en tubos de alcantarilla ya sea de concreto, de PVC o metálicos anclados por un cabezal de entrada y otro de salida. La forma de resolver el paso por la trinchera de la tubería de presión, es mediante la colocación de una batería de tubos de alcantarilla de diámetros entre 2 y 2,50 m que servirán como paso temporal. Luego, cuando se inicie el montaje de la tubería se dejara de colocar uno de los tubos que es exactamente donde está el paso temporal, mientras que se trabaja en la construcción del bloque de anclaje donde inicia el tramo de alta presión de la tubería. Una vez hecho esto, el paso del camino será por el bloque de anclaje.

Opción C

La opción C consta de dos tramos. El primero de ellos se inicia cerca del sitio de plantel, a 2,3 Km de la Ruta N°10, y llega hasta la quebrada Guayacán. Se construirá en una zona boscosa. Recorrerá en forma paralela a la trinchera de la tubería de presión por una distancia de 491 m. El segundo tramo tiene una longitud de 716 m e incluye el paso por la quebrada Guayacán, siguiendo por una terraza cubierta de pasto y finalizando en la casa de máquinas. Para cruzar dicha quebrada será necesario construir una estructura de paso fija, tipo puente, que logre soportar el peso del tránsito que lo utilice. Las especificaciones del puente (longitud, altura, forma y capacidad) las brindarán los departamentos de hidráulica, geotecnia y de estructuras.

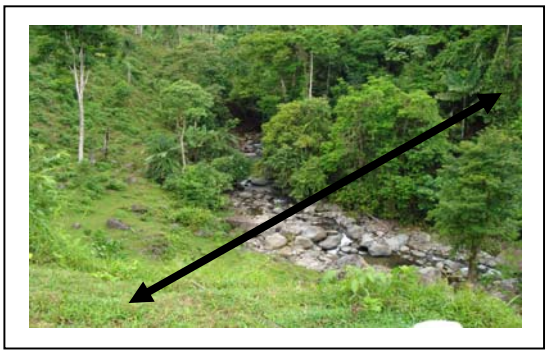
Un punto importante es que el primer tramo de la opción C se tiene que construir obligatoriamente para servir como acceso a varias obras como la fábrica de tubos, la subestación y otros, por lo que para efectos de análisis, solo se tomará el segundo tramo, o sea, a partir de la quebrada Guayacán hasta la casa de máquinas.

Las tres opciones de camino se intersecan en la terraza de pastoreo mencionada, solo que la opción A y B lo hacen antes de la trinchera de la tubería de presión. De ese punto en adelante, el tramo que sigue hasta la llegada a casa de máquinas es común a las tres opciones.

La llegada a la obra se hará por dos sectores: a) terraza que se hará en la elevación 130 msnm y b) la cámara de restitución en la elevación 115,50 m.s.n.m. Se contempla el uso de explosivos en aquellos sitios donde se requiera.

Fotografía 5.57 Vista de la terraza

Fotografía 5.58
Paso por la quebrada Guayacán



Fuente: Tomada por el Ing. Fabio Ulate, P.H. Reventazón. Fuente: Archivo fotográfico Centro de Gestión Ambiental (CGA) UEN PySA

Todas las opciones de acceso tendrán la misma conformación estructural. El acceso estará conformado por una sub base granular de tamaño medio (piedra bruta) y una capa de base granular de tamaño reducido (3 pulgadas de tamaño máximo). Entre ambas capas se colocará un geotextil para impedir la migración de finos y así, los asentamientos. Tendrá una carpeta de rodamiento asfáltica con bombeo hacia las orillas, donde se construirán cunetas para la evacuación pluvial.

En el cuadro 5.25 se presenta un resumen con las longitudes y volúmenes de excavación.

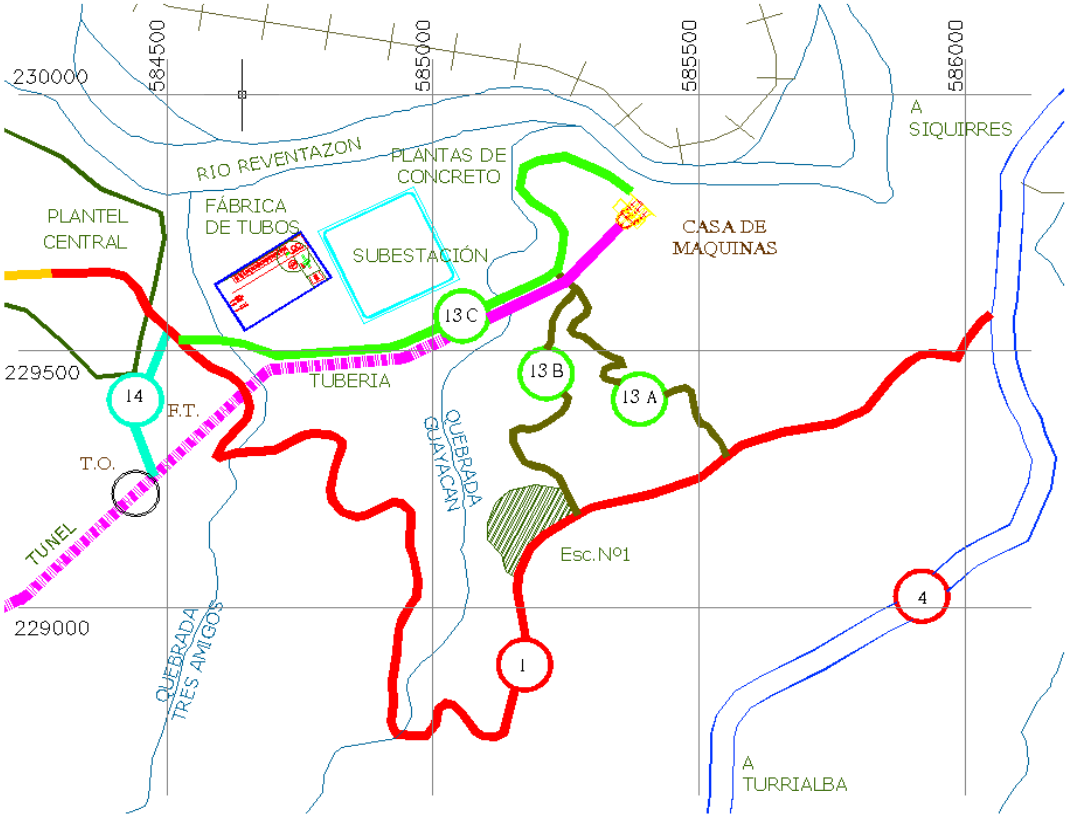
Cuadro 5.25
Datos generales de las opciones de camino interno

Item	Descripción	Longitud (m)	Volumen de corte (m^3)	Tipo de superficie
1	Opción A	1 005,00	88 000,00	Pasto
2	Opción B	1 002,00	90 000,00	Pasto
3	Opción C	1 207,00	69 000,00	Bosque y pasto

Fuente: Elaboración propia, Ing. Fabio Ulate, P.H. Reventazón.

Figura 5.72

Ubicación de los caminos de acceso al plantel central, casa de máquinas, tanque de oscilación tubería de presión, subestación y final del túnel



Fuente: Departamento de Topografía, P.H Reventazón

Sitios de préstamo

Para el transporte del material hacia la presa y las obras de desvío, se prevé una ruta de acceso, la cual se denominará camino margen derecha. Este camino, se divide en tramos con una longitud total de 8 400 m, el cual se utilizará para la extracción de materiales pétreos del río y llevarlos a las cribas estacionarias, a la planta de trituración, a la presa y obras de desvío del río.

La determinación del ancho del camino, se define por las dimensiones de los vehículos de acarreo, los cuales se determinan a partir de la logística constructiva del proyecto.

Considerando la magnitud de la obra y el tiempo empleado para su construcción, se ha determinado usar vagonetas roqueras de gran dimensión, similares a la vagoneta 769D CAT, la cual presenta las siguientes características:

- Capacidad: 24,2 m^3
- Peso bruto del vehículo: 71,4 ton
- Longitud del vehículo: 8 m
- Ancho de vagoneta (espejo-espejo): 5,1 m
- Altura con carga: 4 m

Fotografía 5.59
Vagoneta roquera para traslado de material aluvial

Con base en lo anterior, se ha determinado que el ancho debe ser de 14 m, incluyéndose cunetas a ambos lados.

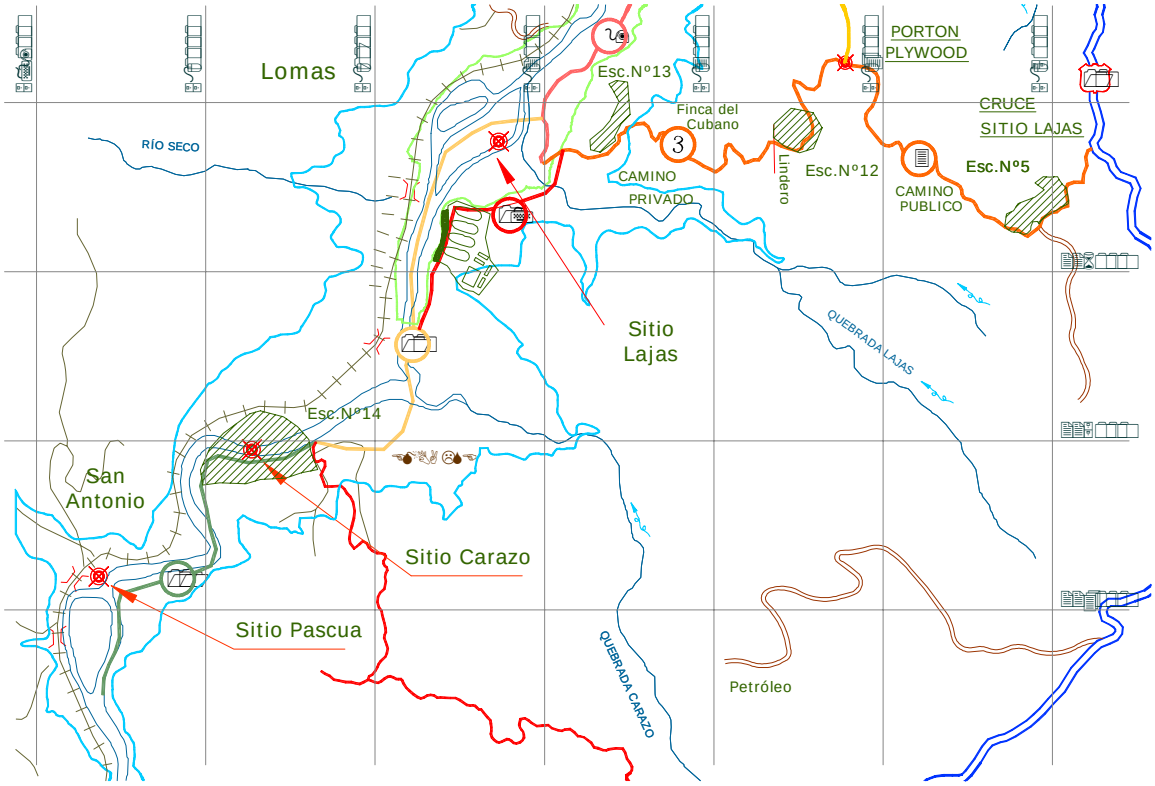
Una segunda ruta, es un camino que se ubica entre la planta de trituración y el camino de margen derecha, el cual se utilizará para el acarreo de materia prima del río hacia la trituración, este camino también será de 14 m de ancho.

Los caminos señalados como 8, 9 y parte del 10 (figura 5.73) se utilizarán para el acarreo de materiales previo a la conformación de la ataguía para el desvío del río. Dicho dique provocará la formación de un pequeño embalse hasta la cota 195 m.s.n.m., lo cual impedirá el uso de estas vías.

A partir del camino señalado como 10, se construirá una nueva vía que se comunicará hasta el camino 3 (figura 5.73) y también permitirá el acceso a las instalaciones provisionales de los sitios de préstamo 3.

Figura 5.73

Ubicación de los caminos de acceso a los sitios de préstamo



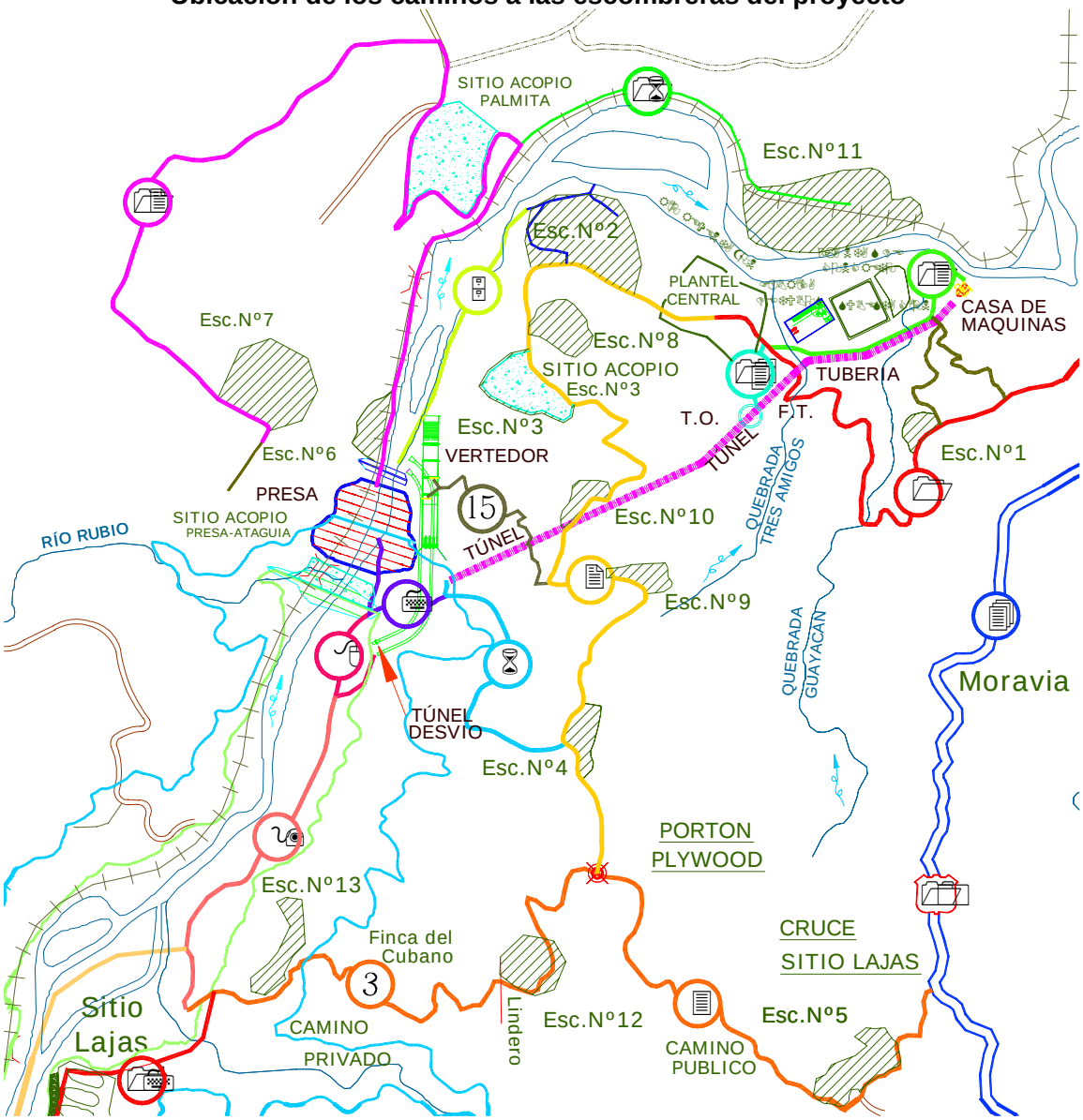
Fuente: Departamento de Topografía, P.H. Reventazón

Escombreras y sitios de acopio

Para acceder a los sitios de escombrera seleccionados, se usarán los caminos señalados con los números 1, 2, 3 y 12 (figura 5.74). Todas las rutas mencionadas anteriormente ya existen y sus características particulares se detallan en el capítulo de vías de acceso.

Solamente será necesario construir los caminos 8, 9 y 10 para acceder a la escombrera 14, ubicada cerca del sitio Carazo.

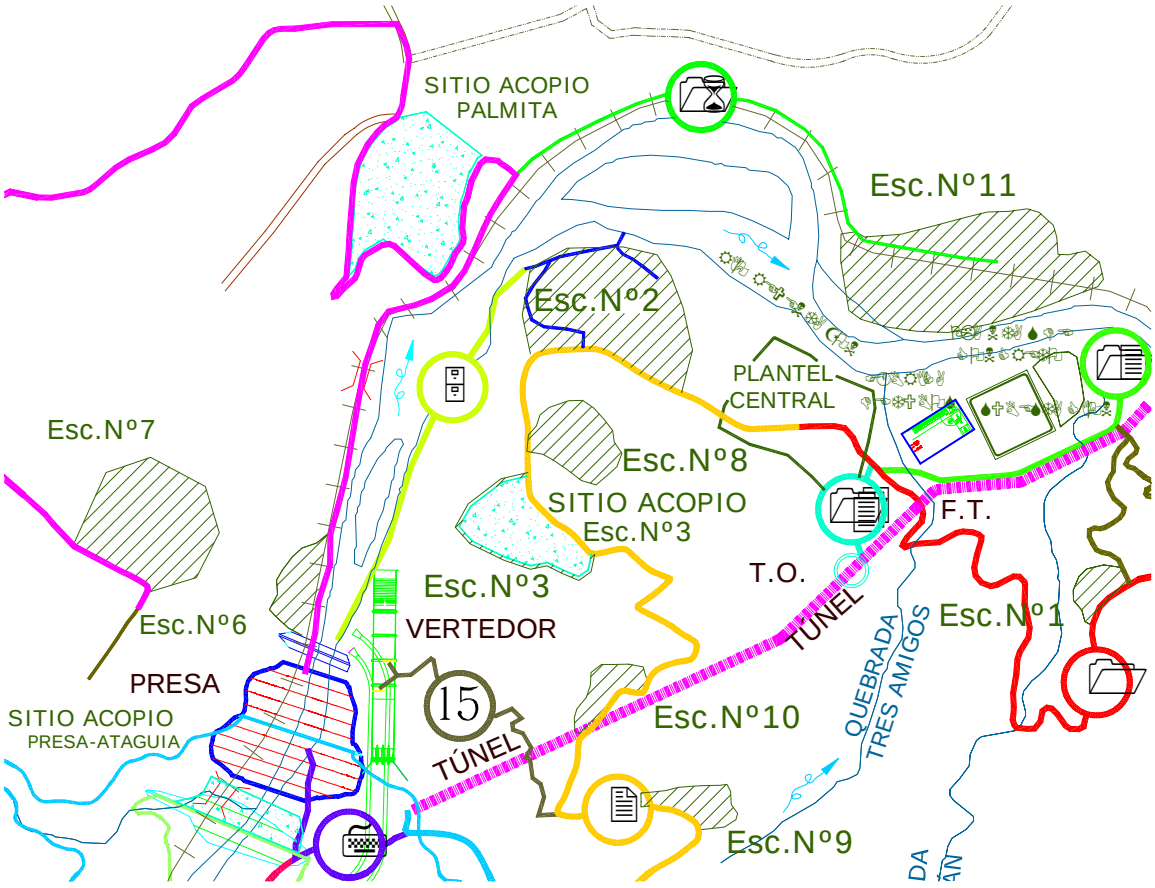
Figura. 5.74
Ubicación de los caminos a las escombreras del proyecto



Fuente: Departamento de Topografía, P.H. Reventazón

Para el caso de los sitios de acopio, para almacenamiento temporal de materiales reutilizables para la conformación del enrocado de la presa, se utilizarán los caminos señalados en la figura 5.75.

Figura 5.75
Ubicación de los caminos a sitios de acopio del proyecto



Fuente: Departamento de Topografía, P.H. Reventazón

Para el sitio de acopio La Palmita se utilizará el camino 12 (existente), el cual también se usará para ingresar a margen izquierda de la presa y para el acarreo de materiales a la escombrera N°7. Para el sitio escombrera N° 3 se usarán los caminos 2, 6 y 7, los cuales ya fueron descritos en capítulos anteriores.

En el cuadro no. , se muestran las longitudes totales de los nuevos caminos internos a construir para acceder a las obras del proyecto, así como el número de camino según lo señalado en las figuras 5.72, 73, 74 y 75.

Cuadro 5.26
Longitudes de los accesos nuevos a construir para las obras del proyecto

Camino	Número de camino	Longitud	Ancho de calzada
Presa y vertedor	5	1 300 m	14 m
	6	1 500 m	
	7	700 m	
	8	650 m	
	15	1 200 m	
Final del túnel, tubería de presión y subestación	13 c	1 207 m	10 m
Tanque de oscilación	14	300 m	10 m
Casa de máquinas	13 a	1 005 m	10 m
	13 b	1 002 m	10 m
	13 c	1 207 m	10 m
Sitios de préstamo	3	2 000 m	14 m
	9	1 650 m	
	10	2 000 m	
	11	2 500 m	
Sitios de acopio	16	1 800 m	14 m
Camino al quebrador N°2	17	1 600 m	14 m
Total		**19 614 m**	

Fuente: Elaboración propia, Ing. Mauricio Morales, ICE.

Frecuencia de movilización

Rutas Externas

En las rutas N° 10,32 y 415, solamente circularán maquinaria y vehículos para ingresar a los sitios de obra, así como para el traslado de materiales, equipo y personal. La frecuencia de movilización dependerá de la etapa constructiva del proyecto, ya que en ninguna de estas rutas, se tiene planeado acarrear materiales de excavación o agregados, de forma continua, como si se dará en las rutas internas a describir en los párrafos siguientes.

Rutas internas

Se detallan las rutas a utilizar por obra:

Presa

Plantel central – sitio de presa

En esta ruta de movilización se abarcan todas las obras que se accedan aguas arriba del sitio de presa, que son la toma principal, relleno de la presa, vertedor, ataguía la entrada a los túneles de desvío, por la cercanía de todas estas obras.
La longitud de esta ruta es de aproximadamente 6 Km. En esta ruta se dará la movilización de trabajadores, concreto, acero, entre otros. El flujo promedio de los principales tipos de maquinaria que se proyecta se pueden dar durante la construcción es:

- Vehículos livianos: 12 viajes/día
- Camiones pequeños (5 Ton): 2 viajes/día
- Autobuses: 3 viajes/día
- Tractores agrícolas: 3 viajes/día
- Automezcladoras: 17 viajes/día

Se supuso que la planta de concreto estará ubicada cerca del plantel central. Si se utiliza una planta de concreto adicional exclusiva para las obras de sitio de presa, en otra ubicación, se deberá reducir el flujo.

Sitio de presa – escombreras

En esta ruta se deberán trasladar los materiales producto de la excavación del sitio de presa que no sean aprovechables para la colocación del relleno y también como sitios para el almacenamiento temporal de materiales para el relleno (stock).

Se hará uso de 4 sitios de escombreras ya identificadas. Dos escombreras están ubicadas aguas arriba del eje de la presa y las otras dos, aguas abajo. Las escombreras 6 y 7 se ubican aguas abajo, la escombrera 6 se encuentra justo al pie de la contraataguía y será aprovechada inicialmente como sitio de stock de materiales para el relleno de la presa. Por su parte, en la escombrera 7 se depositarán los materiales producto de la excavación y la distancia de acarreo que se debe recorrer es de 6 km. En la escombrera 3 se colocarán los materiales provenientes de la excavación del vertedor y se deberá recorrer una distancia de 2,5 km.

Las escombreras ubicadas aguas arriba de la presa, se utilizarán para las obras de la toma principal, las fases del relleno que se hagan aguas arriba del eje de la presa, el túnel principal y las primeras etapas del vertedor. Para esto se hará uso de la escombrera 5, que está ubicada a 3.5km del sitio de las obras.

Sitios de Préstamo – sitio de presa

En esta ruta se dará el mayor flujo vehicular, ya que se debe transportar el material para conformar el relleno de la presa, por lo que el flujo más representativo es el de vagonetas que realizan esta labor. Se parte del supuesto que todo el material de relleno de la presa proviene de los sitios de extracción de material que se encuentran aguas arriba de la presa, en su mayor proporción y que una parte menor provendrá de los materiales

aprovechables resultado de la excavación del vertedor. La longitud de esta ruta es de aproximadamente 8 Km.

- Vehículos livianos: 8 viajes/día
- Camiones pequeños (5 Ton): 2 viajes/día
- Vagonetas (27 Ton): 600 viajes/día

Túnel

Desde el punto del FT se realizará la movilización de equipo y materiales desde 3 puntos principales:

Patio de materiales–FT

Se realizará el movimiento diario de materiales como explosivos, arcos, pernos, varillas, lámina y concreto, desde el patio hasta el sitio de trabajo. Además en este sitio se ubicarán las plantas de concreto que darán suministro al revestimiento del túnel. Esta ruta de movilización corresponde a 1 098 m de longitud.

Sobre esta ruta, se espera un flujo vehicular 4 viajes/día de un camión de 5 ton. Durante la etapa de revestimiento se tendrá un fuerte flujo de automezcladoras que ascenderá hasta 160 viajes/día en jornadas diurnas y nocturnas.

Patio de materiales-plantel central:

Desde el plantel central al patio se movilizarán todos los materiales que requerirá el túnel, en una longitud de 573 m. Sobre esta ruta se espera un flujo vehicular de:

Vehículo liviano: 3 Viajes/día.
Vehículo de carga liviana hasta 5 ton: 3 viajes/día.
Vehículo de carga pesada: 1 viaje/semana.
Autobús: 4 viajes/día.

FT–escombrera N° 2

Este tramo se utilizará para el traslado de los escombros de la excavación a cielo abierto y de la excavación subterránea a la escombrera N° 2, con una longitud de 1 950 m.

Durante la excavación a cielo abierto, en la que se movilizarán 170 849 m^3, se mantendrá un flujo de vagonetas de 170 viajes/día por el período correspondiente a los primeros 2 meses de ejecución. Por el resto del proceso el flujo será de 60 viajes / día.

Tubería y tanque de oscilación

Se estima un flujo vehicular de vagonetas en el sentido de obras tubería a la escombrera Nº 3 de una vagoneta de 12 m³ cada 6,5 minutos y viceversa.
Para el caso de vehículos livianos se estima un flujo de 8 viajes por día incluidos la parte correspondiente a montaje este respecto al plantel y sitio de talleres.

Se aclara que el impacto vehicular será sensible durante la etapa de excavación.

Subestación

Desde la subestación se realizará la movilización de equipo y materiales de 2 puntos:

Plantel central–subestación

Desde el plantel central se movilizarán todos los materiales que requiera la subestación, con un flujo vehicular de:

- Vehículo carga liviana: 3 viajes por día.
- Vehículo de hasta 5 ton: 1 viaje por día.
- Camión grúa hasta 7 ton: 1 viaje por día.
- Autobús: 2 viajes al día.

Subestación–escombrera Nº 2

Se utilizará para el traslado del material removido durante el acondicionamiento del sitio para la subestación en total se mantendrá un flujo de vagonetas de 20 viajes por día durante dos meses.

Línea de transmisión

Se debe movilizar el personal y materiales a cada sitio de torre, con el siguiente flujo:

- Buseta: 2 viajes por día
- Back Hoe: 2 viajes por día
- Chapulín: 3 viajes por día
- Camión de hasta 5 Ton: 1 viaje por semana
- Vehículo carga liviana: 1 viaje por día

Se utilizarán las principales rutas de acceso a cada frente de trabajo.

Sitios de préstamo

Sitios de Extracción-Planta de Trituración

Comprende el acarreo de materiales aluvionales desde los sitios de extracción de Lajas, Carazo y Pascua hacia un stock contiguo a la planta de trituración y a la criba estacionaria. La ruta también será utilizada por los vehículos tanto del ICE como de la maquinaria arrendada para el mantenimiento de los equipos y transporte de personal. La longitud sería de 4 200 m.

El flujo vehicular esperado en esta ruta es:

- Vagoneta de 24 m^3 (10 unidades): 10 viajes/día, durante el tiempo de la producción de agregados.
- Vagoneta de 12 m^3 (20 unidades): 20 viajes/día. Siempre y cuando no se utilicen las vagonetas roqueras de 24 m^3.
- Vehículo doble tracción: 4 viajes/día
- Vehículo de carga pesada: 1 viaje/día
- Autobús: 2 viajes/día
- Camiones cisterna con combustible: 1 viaje/semana
- Camiones pesados para mantenimiento: 2 viajes/día

Sitios de Extracción-Presa

Comprende el acarreo de material aluvial desde los sitios de extracción en el cauce del río Reventazón hasta el sitio de la presa. El camino será utilizado principalmente por vagonetas roqueras de grandes dimensiones, en una longitud de 7475 m.

El flujo vehicular esperado en esta ruta es:

- Vagonetas de 24 m^3: durante el primer año de la presa se requerirán unas 20 unidades a un flujo de 10 viajes/día/vagoneta, en los siguientes 4 años de construcción se requerirán 50 unidades a un flujo de 20 viajes/día/vagoneta.
- Vehículo doble tracción: 1 viaje/día
- Vehículo de carga pesada: 1 viaje/semana
- Camiones pesados para mantenimiento: 2 viajes/día

Planta de Trituración-Planta de Concreto

Comprende la ruta para el acarreo de los agregados desde la planta de trituración y los patios de acopio de agregados, hasta la planta de concreto que se ubicará en la margen derecha de la construcción de la presa. La longitud de acarreo sería de 3275 m.

El flujo vehicular esperado es de:

- Vagoneta tipo Tandem de 12 m^3: para la construcción de la presa y el revestimiento del túnel principal, se requerirá de 10 a 15 unidades a 10 viajes/día.
- Vehículo de doble tracción: 1 viaje/semana

Plantel Central-Planta de Trituración.

Comprende la ruta de traslado de personal desde el plantel central del proyecto hacia la planta de trituración, así como los materiales para los equipos de quebrador y de allí hacia los sitios de extracción.

El flujo vehicular esperado es:

- Vehículo doble tracción: 3 viajes/día
- Vehículo de carga pesada: 1 viaje/semana
- Autobús: 2 viajes/día

5.7.2 Necesidad de recursos

- **Agua**

Presa

Para la presa se establece una necesidad total de 39 000m^3 de litros, correspondiente al agua necesaria durante todo el proyecto para la elaboración de los concretos de la obra. Falta establecer la cantidad de agua necesaria para el riego del relleno durante la compactación, pero para esto es necesario conocer más características de los materiales de relleno.

Túnel

Para la construcción se esta obra se requiere de agua para operación de los equipos y para actividades de limpieza. Este frente requiere de un flujo de por lo menos 6 l/s para las actividades de excavación y de 15 l/s para las actividades de revestimiento.

Tubería de presión y tanque de oscilación

El agua requerida para las instalaciones provisionales y obras de tubería y TO corresponde a 2 l/s.

Sitios de préstamo

La necesidad de agua que se requiere para la obra es de:

- ***Agua potable***: para el personal que labora en la obra, su uso es para consumo humano, lavatorio, lavado de artículos de cocina y alimentación. Volumen estimado: 500 m^3/mes.
- ***Agua para lavado de agregados***: durante la producción de agregados se requiere verter chorros de agua a presión sobre las partículas de piedra para limpiarles el grano fino y muy fino, posteriormente de este fino se obtiene el agregado tipo arena. Para este proceso se requiere contar con un caudal de 2 l/s. Volumen estimado: 1 585 m^3/mes

El agua potable se puede adquirir, mediante la captación de alguna quebrada cercana, cuya agua cumpla con los estándares de calidad para consumo humano.

En cuanto al agua para lavado de agregados, el procedimiento consiste en captar agua de una quebrada o río cercano (no mayor a 500 m), en este caso, del mismo río Reventazón.

Con base en la experiencia adquirida en la reutilización del agua de lavado, en la planta de trituración del Proyecto Hidroeléctrico Toro 3, ubicado en Venecia de San Carlos, se considera pertinente la construcción de una batería de sedimentadores en concreto que permitan la decantación de los materiales finos suspendidos en el agua y posteriormente, retornar dicha agua hacia el proceso de lavado.

Plantel central

El agua potable a utilizar corresponde al agua necesaria para satisfacer las demandas totales del plantel y se estima en 25 l/s, la misma será tomada de una naciente en las cercanías de la zona del plantel. Las aguas servidas se manejarán acorde a lo indicado para la planta de tratamiento y las aguas fluviales se manejarán acorde a la topografía actual.

- **Energía eléctrica**

Para suministrar energía eléctrica a los diferentes frentes de trabajo, se construirán líneas de distribución propias, a partir de las líneas principales de distribución del ICE.

Presa

Se asume que la potencia instalada en la presa sería aproximadamente de 5 MW, lo cual implicaría un consumo aproximado de 15 GWh/año durante la operación máxima de equipos, los cuales serían:

- Compresores,
- Plantas de concreto,
- Soldadoras,
- Dobladoras de acero,
- Cortadoras de acero,
- Equipo de ebanistería y carpintería,
- Vibradores,
- Iluminación nocturna,
- Sistemas de bombeo de agua,
- Sistema de bombeo de concreto (si se requiriera),
- Equipos de talleres,
- Cocinas y campamentos,
- Oficinas (computadoras, impresoras, luces, etc).

Túnel

Las actividades de construcción de túnel, presentan un alto consumo eléctrico, asociado a las siguientes necesidades:

- Sistema de iluminación interna y externa
- Sistema de ventilación
- Sistema de aire Comprimido
- Suministro eléctrico a equipos, tales como: jumbo, máquina para lanzado de concreto etc.
- Sistema de bombeo.

Por tal motivo, se requiere una potencia instalada de por lo menos 1 500 KW que pueda suplir todo el requerimiento planteado. Se requiere de un respaldo eléctrico que deberá ser suministrado por una planta de emergencia de por lo menos 500 kW, que permita mantener los servicios básicos de iluminación y ventilación (en caso de una falla del sistema).

Tubería y tanque de oscilación

Se estima un consumo energético promedio para la etapa de montaje de tubería y el tanque de oscilación de 58 mwh / mes.

Subestación

Para esta obra se requiere de servicio eléctrico trifásico para alimentar oficinas, talleres, y equipos de campo como soldadoras, compresor, taladros, etc. Se estima un consumo mensual de energía entre 30 000 y 35 000 kWh.

Línea de transmisión Interna

Los equipos utilizados en este frente son todos de combustión, por lo que no habrá consumo eléctrico previsto, excepto por algún trabajo de taller que hubiera que realizarle a las piezas de alguna torre, para lo que se recurriría al frente más cercano y el consumo sería prácticamente insignificante.

Sitios de préstamo

La energía eléctrica requerida en la obra se utilizará para hacer funcionar todos los equipos de quebradores de la planta de trituración y proveer de luz y electricidad a las instalaciones provisionales (comedor, bodegas, talleres, oficinas, etc.).

La electricidad será provista por el ICE, a través de una línea de distribución construida por el proyecto. La cantidad estimada de consumo es de 600 kwh, para un aproximado de 132 Mw/año.

Plantel central

El consumo de energía eléctrica estimada para estas instalaciones es de 25000 KW/h por mes, lo que corresponde a 25 megawats-hora por mes. Lo que corresponde a 300 megawatts-hora por año.

El tendido eléctrico para estas instalaciones deberá ser construido en su totalidad a partir del poblado del Coco en Siquirres, lo que corresponde a un tendido de 3,5 Km.

- **Alcantarillado (aguas residuales)**

Las obras se ubicarán en una zona rural, donde la densidad de casas es muy baja, por lo que no existe acceso a un sistema de alcantarillado.

En la mayoría de las obras se utilizará el sistema de tanques sépticos o en su defecto, la utilización de cabañas sanitarias. Solamente en el caso del área de campamentos del proyecto, donde se concentraría gran parte del personal, se construirá una planta de tratamiento.

- **Vías de acceso**

Descripción general de las vías de acceso

Rutas nacionales

Para llegar al Proyecto Hidroeléctrico Reventazón desde San José, se tienen tres opciones en carretera nacional. Una es por la carretera Nº 32 (por el túnel Zurquí), la otra opción es la carretera Nº 10 (por Turrialba) y por último la vía N°415 también por Turrialba. A continuación se presenta una breve descripción de cada una de estas rutas.

Ruta Nº 32 (Carretera Braulio Carrillo)

Esta sale de Tournón, Goicoechea, a unos dos kilómetros del centro de San José. Desde este punto hasta el puente sobre el Rio Virilla que marca límite entre las provincias San José y Heredia, tiene 4 carriles y una zona central de drenaje. A partir de dicho lugar, la vía tiene dos carriles en zonas planas y tres en áreas de ascenso, lo cual se mantiene hasta llegar al cruce de la carretera a Sarapiquí en el punto llamado Santa Clara de Río Frío.

En cuanto al flujo vehicular, un estudio (LM-PI-PV-AT-56-04) realizado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme-UCR) de la Universidad de Costa Rica, menciona que durante el año de 1998 el tránsito vehicular por dicha carretera era de 8 387, para el año 2005 de 13 213 vehículos y para el año 2010 se tiene una proyección de 16 615 vehículos diarios.

La construcción se dio entre 1979 y 1987 con un total de 42 kilómetros atravesando planicies y la Cordillera Volcánica Central por el actual Parque Nacional Braulio Carrillo. Uno de los aspectos que más se le ha criticado es que se provocó mucha inestabilidad en los taludes de corte, ya que están casi a 90 grados, lo cual combinado con el clima altamente lluvioso convirtió el área en zona de frecuentes derrumbes, así como el hecho de haber partido la selva en dos partes y crear conflicto con las especies nativas. Además tiene un alto costo de mantenimiento.

La obra más importante fue atravesar el Cerro de La Hondura con el túnel Zurqui, ubicado en el cantón de Vázquez de Coronado, en el extremo norte de San José. Tiene 562 m de longitud.

Fotografía 5.60
Vista del costado sur de la entrada del Túnel Zurquí.

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

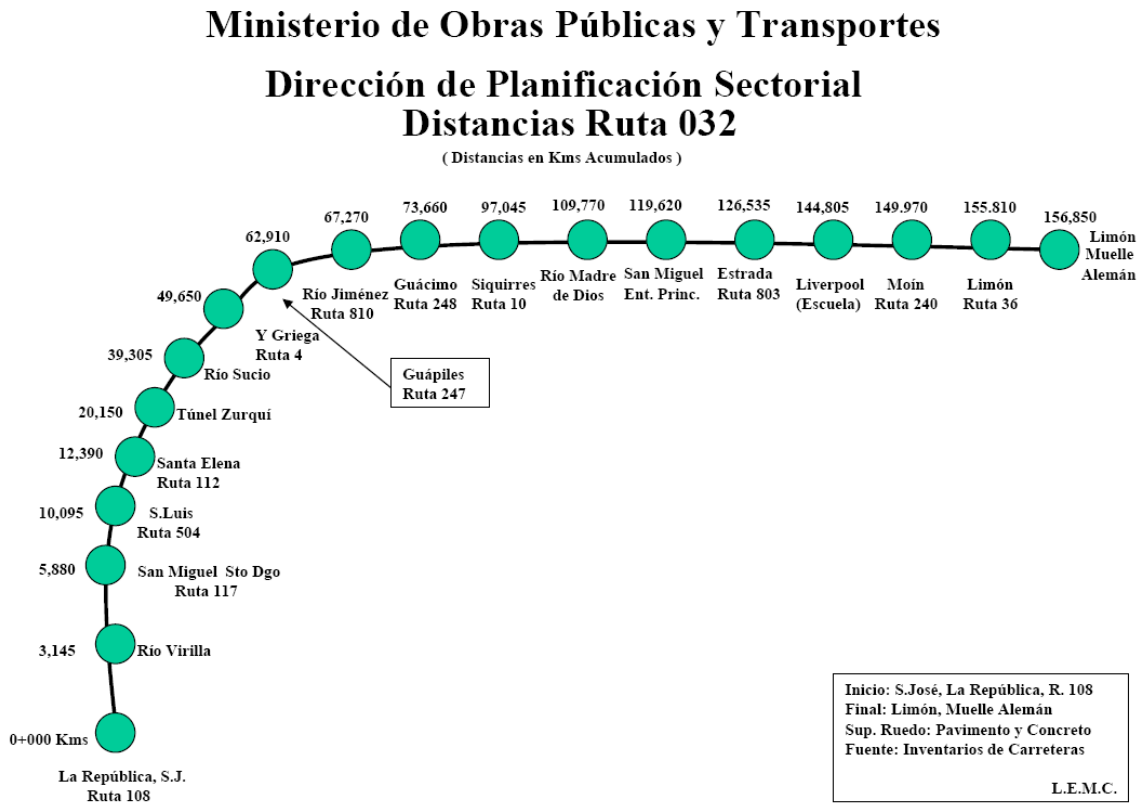
La carretera presenta una topografía muy plana, en donde las pendientes no sobrepasan el 5% con una longitud de 60 kilómetros.

Fotografía 5.61
Vista de la intersección en el sector de Siquírres.

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

En la figura 5.76 se muestran las distancias totales de esta ruta.

Figura 5.76
Distancias totales de la Ruta Nº 32



Fuente. Sitio Web del MOPT.

Ruta Nº 10 (Siquirres-Turrialba-Cartago)

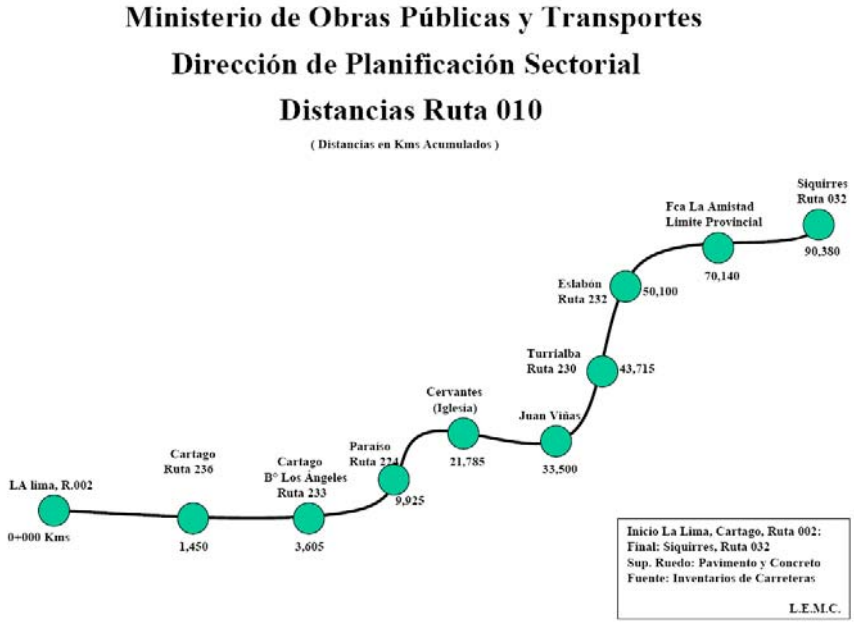
En el año 1968 se abrió por primera vez, una comunicación vial (rústica) en la Región Huetar Atlántica con el resto del país. Antes de esa fecha, solo había comunicación por vía ferroviaria y aérea. La carretera moderna fue abierta en 1975 y se construyó por etapas. La primera corresponde al tramo Siquirres-Limón y la segunda a la sección Turrialba-Pavones-Siquirres.

Fotografía 5.62
Carretera a Turrialba. Se observa una estación de bombeo del oleoducto de RECOPE

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.

En la figura 5.77 se muestran las distancias totales de esta ruta.

Figura 5.77
Distancias totales de la Ruta Nº 10



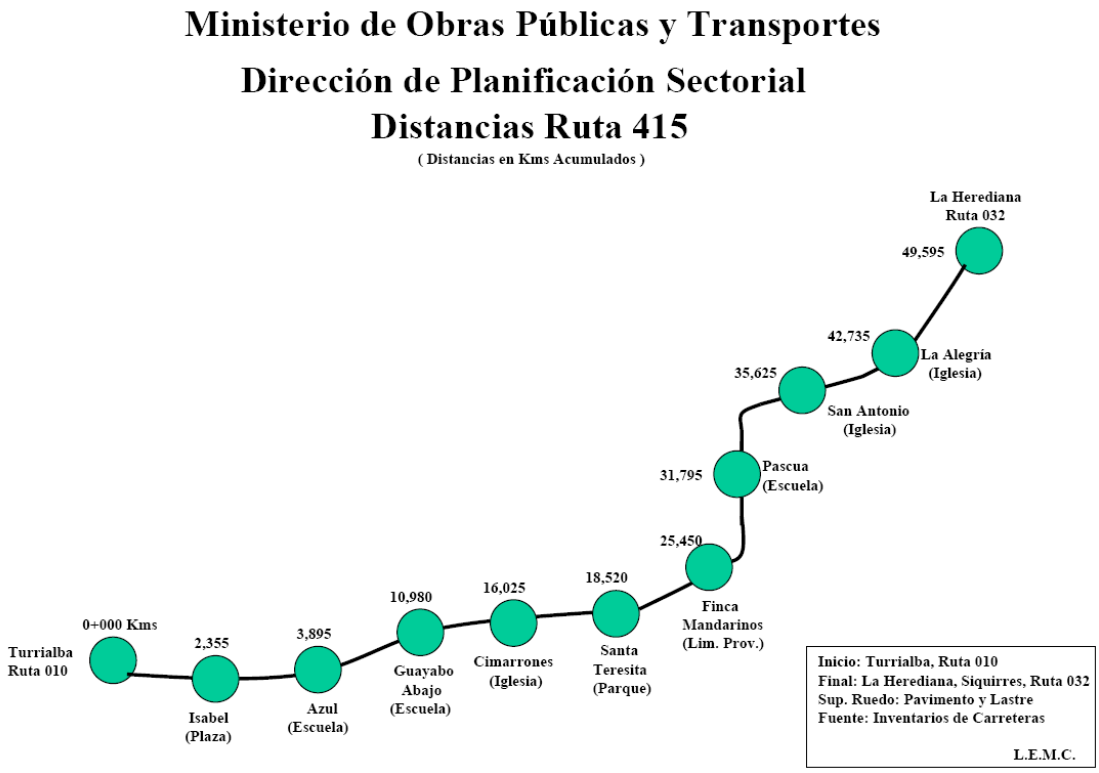
Fuente: Sitio Web del MOPT

Ruta Nº 415 (Herediana-Turrialba)

Esta ruta pertenece a la Red Nacional Terciaria, según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), tiene una longitud total de 50 Km y va desde la Herediana hasta Turrialba, cruzando por dos cantones Siquirres y Turrialba, de los cuales solo 9 Km. están asfaltados en Siquirres, y 18,5 Km. en Turrialba.

De esta ruta, el Proyecto va a utilizar 4,7 Km, comprendidos entre La Herediana y el lugar conocido como El Cruce.

Figura 5.78
Distancias totales de la Ruta Nº 415



Fuente. Sitio Web del MOPT

Rutas Internas

Camino al plantel central

Esta vía se localiza en la comunidad del Coco, a 5,0 Km de Siquirres, sobre la carretera Nº 10, de ahí se extiende aproximadamente 3 300 m hacia al oeste, punto donde se llegaría al campamento. De esta distancia, 2 250 m son de camino público y 1 050 m son de camino privado. El camino es conocido como “Camino a la Plywood”.

El sector del camino público se caracteriza por ser un camino en mal estado con poco mantenimiento, debido a la escasez de recursos de la Municipalidad y del MOPT, cuyas pendientes no pasan del 5 %, por lo cual son aptas para tránsito pesado. En el primer kilómetro se pude observar el valle del río Reventazón y el sector donde se ubicaría la casa de máquinas, así como el llamado “Codo del Diablo”. El derecho de vía es variado a lo largo de su trayectoria, pero se podría decir que tiene un ancho de 11 m, cuyo ancho útil es de aproximadamente 3,5 m. En su recorrido, se pasa por un puente sobre la quebrada Guayacán, dicho puente está en condiciones no aptas para tránsito pesado, ya que se encuentran vigas fracturadas, en la fotografía 5.63, se puede observar el deterioro.

Es un puente de aproximadamente 16 m de largo por 4,1 m de ancho, y está diseñado para el paso de solamente un vehículo (un carril) a la vez. La estructura es prefabricada con tres vigas de soporte tipo “u invertida”, estas vigas descansan en los bastiones laterales que realizan labor de apoyo y sostenimiento a los rellenos de aproximación.El piso de rodamiento es de concreto armado con una superficie de rodamiento lisa en buen estado, no así las cerchas prefabricadas. Pendiente definición de la capacidad del mismo.

Fotografía 5.63
Vista inferior del puente sobre quebrada Guayacán

Fuente: Tomada por el Ing. Johnny Ríos, P.H. Reventazón.