

**Proyecto de Trabajo Comunal  
Universitario:  
Soluciones energéticas para la vida  
cotidiana**

**Plantas del ICE  
Especificaciones Técnicas N°2**

**Elaborado por:  
Andrés Brenes O.**

**Coordinado por:  
Mario Rojas M.**

**SUBGERENCIA INSTITUCIONAL  
OFICINA DE PATRIMONIO HISTÓRICO Y TECNOLÓGICO  
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD**

**2002**

# Índice

Introducción.....	
Reseña Histórica del ICE.....	
<b>CENTRO DE GENERACIÓN GEC.....</b>	
Planta La Garita.....	
Ampliación Ventanas - Garita.....	
Planta Cacao.....	
Planta Alberto Echandi.....	
<b>CENTRO DE GENERACIÓN RIOCAT.....</b>	
Planta Río Macho.....	
Planta Cachí.....	
Planta Avance.....	
Planta Puerto Escondido.....	
Planta Los Lotes.....	
Planta Angostura.....	
<b>CENTRO DE GENERACIÓN ARCOSA.....</b>	
Planta Arenal.....	
Planta Miguel Dengo Benavides.....	
Planta Sandillal.....	
Zona de Riego.....	
Planta Tejona.....	

**CENTRO DE GENERACIÓN TORO.....**

Planta Toro I.....

Planta Toro II.....

Planta Peñas Blancas.....

**CENTRO DE GENERACIÓN MIRAVALLS.....**

Planta Miravalles I.....

Boca de Pozo.....

Planta Miravalles II.....

Planta Miravalles III (BOT).....

Planta Miravalles V.....

**CENTRO DE GENERACIÓN COSABA.....**

Planta Colima.....

Planta San Antonio.....

Planta Barranca.....

**CENTRO DE GENERACIÓN MOÍN.....**

Planta Moín.....

**PLANTAS SOLARES DEL ICE.....**

Los Palenques Indígenas.....

Parque Nacional Isla del Coco.....

Parque Nacional Chirripó.....

Reserva Indígena Tainí.....

Punta Burica.....

Altos de Conte.....

Centro Ecológico El Páramo, Parque Nacional Chirripó.....	
Electrificación rural fotovoltaica en Dos Bocas de Aguirre.....	
Electrificación solar en las comunidades de Sepeque, Oro Chico y Barrio Escalante, distrito Bratsi de Talamanca.....	
Escuelas de las comunidades indígenas Jabuy, Calveri, Isla Coén, Valle de la Estrella Limón.....	
Piedras Blancas de Río Nuevo de Pérez Zeledón.....	
Telesecundaria de Changuena, Buenos Aires Puntarenas.....	
Electrificación rural en la comunidad de La Potenciana de Turrubares.....	
Electrificación rural en la comunidad de Longomai.....	
Electrificación rural en las comunidades de Asentamiento Santa María, Liberia y Cachito de Los Chiles; Región Chorotega.....	
Electrificación del Albergue Las Pailas del Parque Nacional Rincón de la Vieja.....	
Electrificación rural en las comunidades de Alto Guaymí, El Valle de Burica, La Peña y Punta Vanegas en Punta Burica.....	
Electrificación en la Clínica de Bahía Drake, Península de Osa.....	
Electrificación solar de la Isla Caballo.....	
Telesecundaria de Savegre.....	
Escuela de La Potenciana, Turrubares.....	
Instalaciones Área de Conservación Guanacaste.....	
Electrificación rural en las comunidades de Alto Guaymí, El Valle de Burica, La Peña y Punta Vanegas en Punta Burica.....	
Electrificación en la comunidad de Bajo del Volcán Turrialba.....	
Electrificación en la comunidad de Vereh, Turrialba.....	
Electrificación en la comunidad de Alto Laguna.....	
Electrificación en la Puntarenitas, Golfito.....	

Electrificación de las Escuelas Indígenas Las Vegas de Changena y Las Delicias de Cavagra.....

Electrificación del salón multiusos de Palmera de Bajo Chirripó, Matina.....

**ANEXOS**.....

**PLANTAS DEL ICE**

## **Introducción**

En este documento se resume la ubicación y descripción general de las diferentes plantas que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), ha construido o adquirido, desde su creación en 1949, y que aún permanecen funcionando en la actualidad. Éstas son representadas por el centro de generación perteneciente a la UEN de Producción, con las excepciones de las plantas solares que son de la UEN de Servicio al Cliente del área eléctrica. Y han sido incorporados al Sistema Eléctrico Nacional, que al 2000 cubría el 96,8 % del territorio nacional. La electricidad generada por las plantas del ICE, proviene principalmente de energía hidroeléctrica y, en menor escala, térmica, geotérmica y eólica (ver anexos 1 y 2). Además en ciertas comunidades de zonas rurales cuentan con servicios eléctricos derivados de la energía solar.

También se presenta una breve reseña histórica del ICE, en las áreas de electricidad y telecomunicaciones.

Ésta es la segunda versión de una investigación anterior. Aquí se actualizan los datos de las plantas que sufrieron modificaciones y se agregan los nuevos centros de generación que comenzaron a funcionar de 1999 al 2002. Para la elaboración de la primera edición se consultaron las siguientes fuentes: el folleto “Plantas Hidroeléctricas del ICE”, el cuál fue realizado por el señor Luis Guillermo Marín cuando éste trabajaba para la Dirección de Relaciones Públicas; los folletos “Plantas Térmicas”, “Proyecto Geotérmico Miravalles”, igualmente de la Dirección de Relaciones Públicas y los folletos “Energía Eólica” y “Energía Solar”, de la Dirección de la Gestión Científica y Tecnológica. Para aquella edición colaboraron los señores Carlos E. Fallas S. y Edwin Fernández G. de la Oficina de Patrimonio Histórico y Tecnológico, la Licda. Marta Obando S., para ese entonces del Departamento de Tarifas y Mercadeo Eléctrico y coordinadora del programa de Electrificación Rural con Energía Solar (de éste último se encargaba la Presidencia Ejecutiva). Asimismo se consultó al Ing. Alfredo Mainieri Protti (padre de la geotermia, en Costa Rica), jefe del Departamento de Recurso Geotérmico y a otros jefes y encargados de las plantas. Para esta nueva versión se volvieron hacer las misma indagaciones a los encargados de las diversas plantas y al personal de la UEN de Producción.

## **RESEÑA HISTÓRICA DEL ICE**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado el 8 de abril del 1949 con el fin de dar solución a la crisis energética que padecía el país en esos momentos. La institución encontró un sistema eléctrico decadente, controlado por empresas extranjeras y las municipalidades. La capacidad instalada en todo el país era de aproximadamente 36.637 kW, que cubría apenas el 15% del territorio nacional. El servicio que se brindaba era de muy mala calidad, el bajo voltaje y los apagones eran cosa de todos los días. En 1958, apenas con 9 años de haberse creado el ICE, se logró que el 35,9% del territorio nacional contara con un servicio eléctrico de alta calidad. Al 2002 el 97 % del país estaba ya electrificado.

El 28 de octubre de 1963, por decreto de ley N° 3226, al ICE se le asigna una nueva responsabilidad: el desarrollo de todos los sistemas de telecomunicaciones del país. Casi todo el sistema telefónico era manual y propiedad de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), que para ese entonces era una empresa de capital extranjero. Para la fecha el país contaba aproximadamente con solo 12.000 líneas telefónicas, con apenas una línea por cada 100 habitantes. Al igual que el sistema eléctrico, el de telecomunicaciones mostraba un estado deplorable.

En 1966 entró en operación la primera central automática en la era ICE (Escazú). En 1995, producto del control nacional de los servicios de telecomunicaciones, el 94% de los costarricenses tenía acceso a servicios telefónicos y la densidad telefónica era de 16,1 líneas por cada 100 habitantes.

Estos logros tanto en el área eléctrica como en la de telecomunicaciones demuestran el compromiso económico y social del ICE con la comunidad costarricense.

**CENTRO DE GENERACIÓN GEC**  
(Garita, Ventanas-Garita, Alberto Echandi y Cacao)

## PLANTA LA GARITA

La Garita es la primera planta hidroeléctrica construida por el Instituto Costarricense de Electricidad (ver Anexo 3). Se llevó a cabo entre los años 1953 y 1958, para satisfacer el déficit energético acumulado desde años atrás, producto de mala administración por parte de las compañías privadas que daban el servicio eléctrico. Su capacidad de generación inicial fue de 30.000 kW (2 unidades de 15 MW cada una), con lo cual se duplicó la generación eléctrica que tenía el país en esa época. El costo del proyecto fue de 69.612.600 colones. En el 2002 se le cambiaron sus dos unidades, aumentando así su generación eléctrica a 37.360 kW. La primera unidad entró en operación el 28 de abril de 1958, mientras que la unidad dos lo hizo el 22 de setiembre de ese mismo año.

- A- **Localización:** 5 km, al sur de Cebadilla, cantón central de Alajuela, en los distritos de La Garita, Turrúcares y Cebadilla.
- B- **Fuente de abastecimiento:** El río Grande de Alajuela (95%), río Poas, río Ciruelas y el río Alajuela, para aprovechar 17 m<sup>3</sup> de agua por segundo.
  - 1- **Presa:** Tipo de gravedad vertedora de concreto. Tiene una longitud de 59 metros, una altura máxima de 18 metros y una capacidad de almacenamiento de 15.300 m<sup>3</sup> de agua. Posee una compuerta de desvío (toma de aguas) que orienta el flujo hacia el túnel de conducción, con una capacidad de 17 m<sup>3</sup>/s.
- C- **Conducción:**
  - 1- **Toma de aguas:** Fue construida contiguo a la presa, con su respectiva compuerta de regulación, rejillas para eliminar sólidos en suspensión y un aparato para limpiarlas. Es de concreto y mediante ella se entrega el agua a la conducción.
  - 2- **Túnel 1:** Mide 506 metros de longitud y 3,35 metros de diámetro.
  - 3- **Desarenador:** Se usa para eliminar la arena y otras partículas en suspensión que arrastra el agua. Es de concreto, en forma de pila rectangular, en cuyo fondo, por la inclinación de las paredes, se recogen esos sólidos. Mide 60 metros de longitud por 10 metros de ancho y 8 metros de profundidad.
  - 4- **Túnel 2:** Parte del desarenador. Mide 1.720 metros de longitud y 3,25 metros de diámetro. Termina en el río Alajuela. De paso, recoge las aguas del mismo.
  - 5- **Túnel 3:** Es de 2.153 metros de longitud, 3,25 metros de diámetro; conduce el agua del río Alajuela hasta el río Tizate, donde existe un gran sifón de concreto armado llamado "sifón invertido", que mide 244 metros de longitud y 3,24 metros de diámetro. Se utiliza para conducir el caudal sin riesgo de pérdidas en terrenos cuya topografía así lo sugiere.
  - 6- **Canal 1:** Es trapezoidal, de 887 metros de longitud, 3,5 metros de ancho por 3 metros de profundidad; este canal recoge las aguas del túnel y las pasa al segundo canal.
  - 7- **Canal 2:** Es de sección rectangular, de 872 metros de longitud; lleva las aguas al embalse de regulación.

- 8- **Embalse de regulación:** Es un lago artificial de 7,6 hectáreas con una capacidad de 722.167 m<sup>3</sup>. El lado oeste se cerró con un dique de 340 metros de largo y 12 metros de altura, protegido al frente con piedra para amortiguar los efectos del oleaje.
- 9- **Antecámara:** Es la transición entre el embalse y la tubería de presión. Su capacidad es de 8.400 m<sup>3</sup>. Se construyó sobre el lado oeste del embalse y en su extremo sur; es de concreto reforzado. Tiene un juego de rejillas para retener basuras y material en grueso.
- 10- **Tubería de presión:** Se inicia en la antecámara. Es un tubo de acero de 3 metros de diámetro dividido en dos secciones. La primera es de baja presión con 262,82 metros de longitud y tiene una ligera gradiente. En su inicio tiene una válvula de regulación de caudales y un tubo inclinado para ventilación o desalojo de aire. Al final se levanta el tanque de oscilación, de 30 metros de alto por 6 metros de diámetro.  
La segunda sección está inclinada. Consta de una tubería de alta presión con 204,13 metros de longitud, más un tubo pantalón o bifurcador, de 22,57 metros, para un total de 226,7 metros de longitud y su diámetro interior varía de 2,9 metros a 2,8 metros. Finaliza en el bifurcador, al llegar a la asa de máquinas, donde se divide en dos tubos para alimentar a las turbinas.
- Casa de máquinas:** Es un edificio de acero y concreto en donde se alojan los equipos turbogeneradores, los pupitres de mando y los tableros de control; el equipo hidráulico consta de dos turbinas tipo Francis o de reacción, marca Vatech-Hidro Vevey, de construcción suiza. Cada una desarrolla 19.195 kW, aprovechando una caída de 151,5 metros y gira a 514 revoluciones por minuto. El equipo generador consta de dos generadores trifásicos austríacos, marca Vatech-Elin, con capacidad de 23 350 kVA, con factor de potencia 0,8 por lo que la capacidad instalada unitaria es de 18 680 kW y la total de 37 360 kW.
- Canal de desfogue:** Es una estructura para descargar las aguas utilizadas en generación, las cuales pasan al Río Grande de Alajuela.
- E- **Subestación elevadora:** Es un grupo de estructuras y equipos tipo intemperie, que se ubican cerca de la casa de máquinas. Incluye los transformadores de potencia que elevan la tensión de la corriente de 13.800 voltios a 138.000 voltios. La primera unidad de esta planta entró en generación el 28 de abril de 1958 y la segunda unidad el 22 de setiembre del mismo año. La capacidad total instalada es de 37.360 MW.

## AMPLIACIÓN VENTANAS - GARITA

Es una ampliación de la planta La Garita. Ventanas - Garita es la primera de un conjunto de plantas a filo de agua que será instalado para obtener un aprovechamiento máximo de la regulación que el embalse de Arenal da al Sistema Eléctrico Nacional. Una planta a filo de agua es aquella que utiliza el caudal de un río directamente, es decir, casi sin embalsarlo. Opera básicamente durante la estación lluviosa.

Ventanas - Garita forma parte del aprovechamiento del potencial hidroenergético de la cuenca media del río Virilla para producción de energía hidroeléctrica. Se emplean las aguas de los ríos Virilla y Ciruelas, para la generación de 515 GWh anuales.

- A- Localización:** Se encuentra en Turrúcares, distrito undécimo del cantón central de Alajuela, entre las plantas hidroeléctricas La Garita, en el distrito del mismo nombre, y Las Ventanas, en la Guácima o Santiago Oeste.
- B- Obras:** Consisten fundamentalmente en la desviación de las aguas de los ríos Virilla y Ciruelas mediante la construcción de presas de concreto.
  - 1- Presa del Río Virilla:** Es del tipo gravedad vertedora, de 10.000 m<sup>3</sup> de volumen, con un canal de descarga de fondo, un vertedero de excedencias con una longitud de 54 metros y una altura de 10 metros respecto al fondo del río, que permite la regulación diaria de los caudales de los ríos Virilla y Ciruelas. Está ubicada a unos 350 metros aguas arriba de la presa de la planta Las Ventanas y su longitud vertedora es de 54 metros, con una altura de 10 metros respecto al fondo del río. El embalse tiene una capacidad de 659.000 m<sup>3</sup>.
  - 2- Obras del Río Ciruelas:** Con el fin de aumentar el caudal disponible, se aprovechan las aguas del Río Ciruelas, reuniéndolas con las del túnel de conducción principal. La captación se hace mediante una pequeña presa derivadora, la cual entrega un caudal máximo de 4,5 m<sup>3</sup> por segundo.
  - 3- Obras en San Miguel:** Localizado junto al pueblo de San Miguel de Turrúcares, se forma un embalse con un volumen de 659.000 m<sup>3</sup>, un canal de descarga de fondo y un vertedero de excedencias, que permiten la regulación diaria de los caudales de los ríos Virilla y Ciruelas. Las aguas embalsadas son transportadas a través de un pozo y luego un túnel de 300 metros de longitud y 4 metros de diámetro. Este túnel corto, permite la entrega o salida del líquido, dependiendo del nivel de agua en éste, del caudal disponible en la toma y del caudal demandado por la planta.
- C- Túnel:** El túnel tiene 6.777 metros de longitud con 4,2 metros de diámetro. Se revistió de concreto.
- D- Trinchera:** Consiste en la apertura de una zanja en la que se aloja una tubería de conducción de baja presión. Se excavaron aproximadamente 250.000 m<sup>3</sup> de material y se colocaron 1.583 metros de tubería de acero de 3,9 metros de diámetro. La tubería se construyó en una fábrica que se instaló contiguo a la trinchera.
- E- Tanque de oscilación:** Está localizado en una colina al inicio de la tubería de presión: es de láminas de acero, con diámetro de 12 metros. Está semienterrado: 28,7 metros bajo tierra y 37,5 metros sobre ésta. La altura total es de 66,2 metros.
- F- Casa de máquinas:** Es de tipo superficial e incluye los equipos de generación y sus respectivos sistemas auxiliares de control. Constituye una ampliación de la casa de máquinas de la planta hidroeléctrica La Garita, en servicio desde 1958. Alberga dos turbinas tipo Francis de eje vertical de 66.205 C.V. cada una, acopladas a sendos generadores trifásicos japoneses de 48.690 kW de 54.100 kVA cada uno, con un factor de potencia de 0,9. Los turbogeneradores aprovechan una caída de 220 metros y giran a 400 revoluciones por minuto. En total se produce 97.380 kW. La capacidad unitaria de las turbinas es 49.369,1 kW.

La Planta Hidroeléctrica Ventanas - Garita entró en operación el 15 de julio de 1987 con la unidad N° 1; la N° 2 lo hizo el 3 de noviembre del mismo año.

## PLANTA CACAO

Esta planta la construyó la municipalidad de Alajuela entre 1925 y 1928 por, por medio de un contrato con la empresa AEG de Alemania y con mano de obra nacional. Al final, el presidente de la República de aquel entonces, Ricardo Jiménez Oreamuno, terminó de pagar el costo de la planta. Esta planta brindó servicios al centro de Alajuela y pueblos que contaban con líneas de transmisión. En 1949 fue adquirida por la Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Alajuela (JASEMA). Por último fue traspasada al ICE el 9 de abril de 1980, por una suma entre los 14 y 15 millones de colones..

- A- **Localización:** La Planta Cacao está ubicada en el cantón central del distrito 12 Tambor, de la provincia de Alajuela.
- B- **Fuente de abastecimiento:** Se abastece de las aguas del río Poás. Las obras de la planta son las siguientes:
  - 1- **Presa:** Tipo gravedad construida en concreto ciclópeo. Tiene una longitud de 15 metros y de altura 5,5 metros, el ancho de la base es de 4 metros y el ancho de la cresta de 1,5 metros.
  - 2- **Compuerta desvío de presa:** Situada en el contrafuerte izquierdo de la presa, activada por un pistón que a su vez es puesto en movimiento por un motor trifásico de 30 HP, 220 V, su hoja de sello es metálica la que discurre por guías metálicas. Su ancho es de 2,4 metros, el alto 2,5 metros y el espesor de 27 centímetros.
  - 3- **Compuertas de entrada al desarenador:** Consta de 2 compuertas en el margen izquierdo del embalse. Son estructuras de concreto, una tras otra, que forman parte del contrafuerte izquierdo de la presa. Cada una de sus entradas posee parrillas de rieles de ferrocarril que impiden el paso de sólidos de regular tamaño. Sus dimensiones son de 2,53 metros de ancho, 1,5 metros de alto y 16 centímetros de espesor. Estas compuertas son de cremallera, activadas por medio de engranes mecánicos de operación manual, sus hojas de sello son metálicas que discurren por guías del mismo material. El equipo es de la marca J.M. Voith.
  - 4- **Desarenador:** Construido también en concreto ciclópeo a continuación de la presa en el margen izquierdo. Sus dimensiones son: un largo 31 metros, un ancho de 8,5 metros y una profundidad de 3 metros.
  - 5- **Compuerta desvío desarenador:** Situada al final del lado derecho del desarenador para descargar 5 metros aguas abajo de la presa. Es también una compuerta de cremallera de accionamiento mecánico por medio de engranes de operación manual, su hoja es de madera que discurre por guías metálicas. Sus dimensiones son: ancho 1,11 metros, alto 1,5 metros y espesor 14 centímetros. El equipo es de la marca J.M. Voith.
- C- **Conducción:**

- 1- **Compuerta de entrada a la conducción:** Esta compuerta también es de cremallera situada al final del desarenador. Su activación es por medio de engranes y su operación manual. La hoja de sello es de metal que discurre por guías metálicas. Sus dimensiones son: ancho 3,5 metros, alto 1,26 metros y espesor 10 centímetros. La marca del equipo es también J.M. Voith
- 2- **Parrilla de rejas de la toma de aguas:** Situada después de la compuerta de entrada a la conducción, está constituida por platinas metálicas que permiten, únicamente el paso del agua, y de sólidos finos. Sus dimensiones son: ancho 2,37 metros y alto 2,35 metros.
- 3- **Canal abierto:** A partir de la parrilla se inicia la conducción de aguas a la casa de máquinas por medio de un canal abierto en su parte inicial. Este canal construido en concreto ciclópeo tiene una longitud de aproximadamente 2000 metros, con un ancho en su parte superior de 2,4 metros y en su base de 69 centímetros. Su altura es de 2 metros. El espesor de las paredes es de 13 centímetros, aproximadamente.
- 4- **Aliviadero:** Después de los 1.110 metros del canal se presenta la primera estructura de alivio en el margen derecho. Consta de una sección de 4,75 metros y una diferencia de nivel de la parte superior de la pared del canal de 45 centímetros. Descarga por una rampa hacia del río Póas. A la par de ésta se encuentra una compuerta también de alivio del canal, hecha en cremallera, la cuál es activada por engranes de operación manual, su hoja es de madera y discurre por guías metálicas. A 50 metros de ésta sección, el canal pasa elevado en un trayecto de 12,7 metros y su ancho se reduce a 1,32 metros, con un espesor de paredes de 20 centímetros. 100 metros después hay otra compuerta similar a la primera. Seguidamente el canal pasa elevado en una sección de 10,40 metros; en medio de esta sección encontramos otro aliviadero en las paredes de ambos lados con una longitud de 2,90 metros y una diferencia de nivel de la parte superior de la pared del canal de 34 centímetros. En este tramo el canal reduce su ancho a 1,37 metros. A 250 metros encontramos otra estructura de alivio con su compuerta. 300 metros más y hayamos otra y luego a 136 metros encontramos de nuevo una estructura de alivio con una longitud de 18 metros y una diferencia de nivel en la pared derecha de 72 centímetros; por ésta el agua cae hacia un canal que descarga en gradiente, las medidas del cuall son: 60 centímetros de ancho con una profundidad de 50 centímetros. Remata en un canal de 1,40 metros de ancho por 2 metros de profundidad descargando al mismo río. De ésta sección a 51 metros el conducto se agranda formando un tanque con una longitud de 11,20 metros, ancho mayor de 2,90 metros y una profundidad de 4,12 metros, para rematar en una parrilla de platinas con un ancho de 2,90 metros, y una altura de 3,19 metros. En la pared derecha antes de las rejas hay una compuerta de cremallera de activación por engranes de operación manual. Su hoja es metálica que se desliza por guías del mismo material. La marca de las compuertas instaladas a lo largo del canal son también J.M. Voith
- 5- **Tubería de presión:** Seguidamente de las rejas y a continuación del tanque dan inicio las dos tuberías de presión. Ambas poseen en su comienzo una válvula de compuerta de operación manual. Después de cada válvula existe

un tubo vertical de ventilación con diámetro de 76,2 milímetros y una altura de 4 metros. La tubería derecha, que alimenta la unidad N° 1, tiene un diámetro de 76 centímetros y una longitud de 133,28 metros que se distribuyen en una sección inicial de 35 metros hasta un macizo de concreto donde ésta pasa embebida en una longitud de 4 metros y en un segundo trayecto final de 98,26 metros. Al extremo del tubo se deriva una tubería de 58 centímetros de diámetro que alimenta la primera turbina. Finalizando ésta hay una válvula de descarga de 76,2 milímetros de diámetro para el drenaje. La tubería izquierda, que alimenta la unidad N° 2, tiene un diámetro de 78 centímetros y una longitud de 139,10 metros, que se distribuye en una sección inicial de 35 metros hasta el macizo de concreto por donde pasa embebida en una longitud de 4 metros y un tramo final de 104,10 metros, la parte ulterior es similar a la de la unidad N° 1. Las dos tuberías de presión van soportadas por macizos de concreto. La tubería de la derecha que pertenece a la unidad N° 1 es remachada y la otra es soldada. La tubería es de la marca J.M. Voith.

- 6- **Casa de máquinas:** Es una edificación de concreto ciclópeo. Consta de una sala de generación, una sala de control, celdas de salida, bodegas de repuestos y un canal de desfogue. Las dimensiones del edificio son: largo 19,40 metros, ancho 8,10 metros y altura de 8 metros. El edificio posee una grúa viajera en la sala de generación con un gancho, capacitada para 5 toneladas. Ahí mismo se albergan dos grupos de electro generadores compuestos cada uno por una turbina tipo Francis de eje horizontal, un gobernador de velocidad y un generador de potencia. Esta planta cuenta con una caída de agua de 46 metros, activando las turbinas a una velocidad de 900 revoluciones por minuto, con 1.200 l/s (1,2 m<sup>3</sup>/s) por cada una. Los equipos generadores constan de dos generadores trifásicos, marca AEG de 420 kVA cada uno, con un factor de potencia de 0,8, para una generación total real de 672 kW. La unidad uno se inauguró en mayo de 1928, mientras que la dos lo hizo en abril de 1929.

## **PLANTA ALBERTO ECHANDI (NAGATAC)**

La Compañía Eléctrica de Puntarenas del Ing. John Saxe realizó el 14 de agosto de 1946, un nuevo contrato con el Servicio Nacional de Electricidad, para seguir brindando el servicio eléctrico en la ciudad de Puntarenas. Mediante esta negociación, John Saxe se comprometió entre otras cosas, a realizar la construcción de la planta Nagatác con una capacidad de 1.800 kW. La construcción sufrió un retraso de varios años por dificultades para conseguir el equipo.

En 1953 el ICE compró el sistema Saxe y, con él, la dicha planta. Debido a los efectos del huracán Fifi, el 18 de Setiembre de 1974, la casa de máquinas y otras estructuras fueron destruidas por una creciente del río Barranca. El ICE la reconstruyó, entrando de nuevo en operación su única unidad el 5 de marzo de 1990 con 4.696 KW. Fue inaugurada

oficialmente en mayo de 1990, bajo el nuevo nombre de Planta Alberto Echandi en honor a uno de sus fundadores iniciales.

**A- Localización:** 25 km después del cruce de la carretera Interamericana a San Ramón de Alajuela, San Ramón cantón 2° de Alajuela, distrito 5° Piedades Sur.

**B- Fuente de abastecimiento:** El río Barranca abastece esta planta a filo de agua, por lo que ésta depende de la cantidad de líquido existente en ese momento en el río. El área de la cuenca hasta el sitio de la presa es de 145 km<sup>2</sup> y cuenta con una presa vertedora de gravedad, compuesta de un vertedor principal de 3 metros de altura y 25 metros de longitud de cresta, un vertedor secundario de 3,5 metros de altura y 30 metros de longitud de cresta.

**C- Conducción:**

**1- Toma de aguas:** Se ubica en el margen derecho del río Barranca, aprovechando 2,21 m<sup>3</sup>/s.

La toma de aguas es seguida por un desgravador, en caverna, capaz de retener partículas de gran tamaño.

**2- Túnel N° 1:** Esta estructura se ubica aguas abajo del desgravador, con una longitud de 563 metros y una sección transversal de tipo herradura de 3,5 m<sup>2</sup> de área.

**3- Desarenador:** Se ubica aguas abajo del túnel N° 1, fue diseñado para detener partículas mayores de 0,5 milímetros, que podrían dañar el rotor de la turbina. Tiene una longitud de 15 metros y una sección transversal rectangular de 6 metros de ancho.

**4- Canal N° 1 :** Se ubica aguas abajo del desarenador, con una longitud aproximada de 441 metros y una sección transversal rectangular con un promedio de 2 metros por 1,6 metros de altura.

**5- Canal N° 2 :** Es un pequeño canal que comunica el canal N° 1 con el túnel N° 2 : posee una longitud de 44 metros y una sección rectangular de 1,45 metros de ancho.

**6- Túnel N° 2 :** Tiene una sección transversal similar a la del túnel N° 1, con una longitud aproximada de 1.185 metros.

**7- Cámara de carga:** Aguas abajo del túnel N° 2 se localiza un pozo de 4,5 metros de diámetro, con el propósito de activar la tubería forzada, el pozo cumple la función de tanque de oscilación. El nivel normal de operación es la cota 626,4 metros sobre el nivel del mar.

**8- Tubería forzada:** Tubería de acero, con una longitud aproximada de 1.106 metros y un diámetro de 1,1 metros.

**D- Casa de máquinas:** Utiliza una turbina tipo Francis de eje horizontal, con las siguientes condiciones de operación:

<b>Velocidad de rotación</b>	<b>1.200 revoluciones por minuto</b>
<b>Caída bruta</b>	<b>200 metros</b>
<b>Caída neta</b>	<b>216,66 metros</b>
<b>Caudal</b>	<b>2,32 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Potencia turbina</b>	<b>4.927,6 kW</b>

Esta turbina está acoplada a un generador trifásico marca Brown Boveri, con una capacidad de 5.870 kVA y un factor de potencia de 0,8 que le permiten producir 4.696 kW.

- E- Canal de restitución:** Está compuesto de una estructura de control que regula los niveles de restitución, de tal manera que, al caudal de operación de 2,32 m<sup>3</sup>/s le corresponde la cota 4.050,4 metros sobre el nivel del mar. Aguas abajo de esta estructura, se encuentra un cuenco amortiguador o un dissipador de energía, e inmediatamente después, un canal de descarga de sección circular de 1,83 metros de diámetro y una longitud aproximada de 25 metros. El dissipador devuelve las aguas al río Barranca.
- F- Subestación:** Está conectada a la subestación de San Ramón mediante una línea de transmisión de 13,5 km de largo y opera a 34.000 V.

## **CENTRO DE GENERACIÓN RIOCAT**

**(Río Macho, Cachí, Angostura, Avance, Puerto Escondido y Los Lotes )**

El Complejo Hidroeléctrico de la Cuenca Río Reventazón esta ubicado en la provincia de Cartago, en los cantones de Paraíso, Jiménez y Turrialba. Esta compuesto por 4 grandes desarrollos hidroeléctricos Río Macho, Tapantí, Cachí y Angostura, que utilizan como fuente de generación eléctrica el agua proveniente de la cuenca del Río Reventazón en la vertiente atlántica. Río Macho y Tapantí son parte de una única central hidroeléctrica (planta) desarrollada en dos fases (ver Anexo 4).

Producto de diversos estudios realizados de la cuenca del río Reventazón, desde 1938 con los registros que poseía la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, se determinó que la misma ofrecía un gran potencial hidroenergético para desarrollar varios proyectos. Asimismo el país necesitaba seguir construyendo plantas para hacerle frente a las necesidades energéticas de los años futuros.

En conjunto, este complejo puede producir potencialmente 393.001,5 kW y satisfacer anualmente la demanda de más de un millón de personas.

## **PLANTA RÍO MACHO**

El proyecto fue seleccionado como el sitio más propicio desde el punto de vista económico y por ser susceptible a futuras ampliaciones (Río Macho 2 y Tapantí). Además, de acuerdo a la demanda energética de 1965 era necesario aumentar la capacidad de las plantas en 30.000 kW lo que se lograría con el proyecto Río Macho N°1. El costo total de la planta, incluyendo la ampliación de las obras de conducción de Tapantí en 1978, fue de 3.536.607.750 colones. Las unidades uno y dos de 15.000 kW cada una, entraron en operación el 1 de junio de 1963 y el 1 de agosto de ese año, respectivamente; las restantes

tres unidades con una capacidad de 30.000 kW cada una, entraron el 23 de marzo de 1972, 20 de octubre del mismo y el 30 de abril de 1978, respectivamente.

**A- Localización:** 6 km al este de Paraíso en el distrito de Orosí, Cartago.

**B- Fuente de abastecimiento:** Los ríos Macho, Tapantí, Porras, Blanco, Badilla, Humo, Villegas y Pejibaye. La planta consume un caudal máximo de 36 m<sup>3</sup>/s.

**1- Presa:** La Planta Río Macho se construyó en tres etapas. Para la primera etapa no se hizo presa, sino una toma de fondo en un sitio del río llamado El Salto. La toma desvía las aguas por un tobogán hacia el túnel, localizado 20 metros por debajo del fondo del río. Cuenta con desarenador y un sistema de rejillas para evitar el ingreso de objetos voluminosos al túnel.

**La presa de Pejibaye:** Es una estructura de hormigón, tipo gravedad vertedora. Mide 22 metros de longitud, 9,5 metros de ancho, con una altura de 6,3 metros y con una capacidad de toma de aguas de 4 m<sup>3</sup>/s.

**La presa Tapantí:** También es de hormigón, tipo gravedad vertedora. Mide 40 metros de longitud por 15 metros de ancho. Sobre el lecho del río tiene una altura de 6,5 metros, debajo del mismo tiene una profundidad de 10 metros en el sitio de máxima penetración y una capacidad de toma de aguas de 37 m<sup>3</sup>/s.

La toma de aguas de Tapantí es de concreto, protegida con rejillas de acero. Inmediatamente detrás de la toma se encuentra el desarenador, equipado con compuertas para eliminar los sólidos y para permitir el paso de las aguas al túnel.

**Presa y toma de agua del río Porras:** Con capacidad de toma de aguas de 0,7 m<sup>3</sup>/s.

**Presa y toma de aguas del río Villegas:** Con capacidad de toma de aguas de 0,9 m<sup>3</sup>/s.

**Presa y toma de aguas del río Humo:** Con capacidad de toma de aguas de 3,5 m<sup>3</sup>/s.

**Presa y toma de aguas Río Macho:** Con capacidad de toma de aguas de 8,5 m<sup>3</sup>/s.

**Toma Acueducto Orosi (I.C.A.A.):** Con capacidad de toma de aguas de 1.800 l/s. A 1.536,43 metros sobre el nivel del mar. Utilizadas por el I.C.A.A. para abastecer de agua potable el área metropolitana.

**C- Conducción:**

**1- Túnel de Tapantí:** La conducción desde la presa Tapantí se hace por medio de un túnel en herradura, de 3,6 metros de diámetro acabado y una longitud de 14.891 metros. Se aprovechan las aguas de los ríos Grande de Tapantí, Porras, Humo, Villegas y Pejibaye. Este caudal se entrega en la toma de aguas de río Macho, donde puede pasar al túnel que lo lleva al embalse del Llano o puede trasladarse directamente a la conducción final de río Macho mediante el canal de emergencia. La presa y el túnel de Tapantí corresponden a la segunda etapa de la Planta Río Macho.

**2- Túnel 1 (río Macho):** Se inicia en la toma de aguas del río Macho, en el sitio denominado El Salto. Mide 1.548 metros de longitud y tiene un

diámetro de 2,9 metros; finaliza en la estructura que se llama “Rápida de Entrada”, la cual entrega las aguas al embalse.

- 3- **Embalse:** Se encuentra en el sitio llamado El Llano. Es un lago artificial de 60.000 m<sup>2</sup> de superficie y una profundidad de 10 metros. La capacidad a nivel máximo normal es de 500.000 m<sup>3</sup>, mientras que el útil es de 380.000 m<sup>3</sup>. El fondo está totalmente revestido con una capa de vinyl que lo impermeabiliza. Cuenta con una compuerta para llenado y un aliviadero para descargar las aguas excedentes.
  - 4- **Antecámara:** Es una estructura de concreto con rejillas, que incluye una compuerta para el control del flujo, en su tránsito hacia el resto de las obras de conducción. Fue construida en el extremo sureste del embalse.
  - 5- **Túnel 2 (río Macho):** Se inicia en la antecámara y se prolonga horizontalmente por 741 metros. Su diámetro es de 3,35 metros.
  - 6- **Tanque de oscilación:** Se construyó entre los túneles N° 2 y N° 3. Mide 70 metros de altura por 16 metros de diámetro. Está semienterrado.
  - 7- **Túnel 3 (río Macho):** Está a continuación del tanque de oscilación. Tiene una longitud de 1.467 metros y una gran inclinación. Su diámetro es de 2,70 metros.
  - 8- **Tubería de presión:** Fue instalada dentro del túnel N° 3. Es de acero de alta resistencia. Su longitud es de 100 metros aproximadamente. Finaliza en la entrada de la casa de máquinas, donde está dividida en dos tubos colectores, a los que popularmente se les llama “el pantalón”. Dentro de la casa de máquinas, éstos se subdividen en las ocho ramificaciones finales para alimentar a las turbinas de impulso, tipo Pelton. Entre éstas ramificaciones y las turbinas se encuentran las válvulas esféricas de admisión.
- D- Casa de máquinas:** Es un espacioso edificio de acero que aloja los equipos turbogeneradores, los tableros de operación y control, los pupitres de mando, tableros y equipos de protección, equipos auxiliares y transformadores para el servicio propio de la planta.
- Las turbinas N° 1 y N° 2 son de marca Toshiba y las unidades N° 3, N° 4 y N° 5, de marca Vevey. Las unidades 1 y 2 constan de una turbina, y un generador de 18.750 kVA, con un factor de potencia de 0,8 para generar 15.000 kW. Las unidades 3 y 4, que corresponden a la ampliación de la planta de río Macho (Tapantí), lo mismo que la unidad N° 5, ampliación río Macho N° 2, constan de dos turbinas, en medio de las cuales está situado un generador, es decir, cada unidad tiene un generador activado por dos turbinas. Las últimas tres unidades son de 37.500 kVA con un factor de potencia de 0,8, para 30.000 kW cada una, por lo que la capacidad instalada total es de 120.000 kW. Los generadores 1 y 2 son de marca Toshiba y los 3, 4 y 5 son Mitsubishi.
- Las turbinas giran a razón de 450 revoluciones por minuto y los generadores producen la corriente a 13.800 voltios. La caída aprovechable es de 450 metros, la más alta del país.
- Canal de desfogue:** Consta de una alcantarilla de concreto de sección rectangular, que evacua el agua usada en generación y la conduce al río Macho. Mide 504 metros de longitud, 3,35 a 4 metros de diámetro y una profundidad de 2,5 metros.

**E- Subestación elevadora:** Está constituida por estructuras de acero tipo intemperie, que soportan una serie de equipos de protección y transformación, elevando el voltaje de 13.800 a 138.000 ó 230.000 voltios.

La primera unidad de la planta río Macho entró en operación comercial el 1 de junio de 1963 la segunda unidad el 1 de agosto de ese mismo año, generando en conjunto 30.000 kW. La unidad N° 3 entró el 23 de marzo de 1972, la N° 4 lo hizo el 20 de octubre del mismo año y la N° 5 el 30 de abril de 1978.

## PLANTA CACHÍ

Debido al crecimiento de la demanda eléctrica que se dió en la década de los años setenta y a las características de las plantas ya existentes, se hacía necesario construir una fuente de energía que operara cerca de la base de curva de carga del sistema (generación de energía constante). Para lo cual se requería contar con un embalse de regulación estacional, siendo la solución más conveniente aquella, que llenando estas características de operación, produjera el kW/h más económico. Es por esto que el ICE toma a Cachí de su cartera de proyectos, la cual cumplía con todos aquellos requisitos.

**A- Localización:** 4 km al sur de la ciudad de Juan Viñas, distrito 2do de Tucurrique, provincia de Cartago. La Presa Cachí y el embalse están ubicados en el valle de Ujarrás, en el sitio denominado Cachí, perteneciente al cantón 4° de Jiménez.

**B- Fuente de abastecimiento:** La cuenca media del río Reventazón, de la que se aprovechan 53,25 m<sup>3</sup>/s.

**1- Embalse:** El embalse de regulación de la planta almacena 54 millones de metros cúbicos, de los cuales 51 millones son de líquido, ya que se deposita mucho sedimento en el fondo. El manejo del embalse se hace de tal manera, que al entrar la estación seca se encuentre con el máximo de su capacidad, para que la planta genere durante la dicha estación sin dificultad.

**2- Presa:** Es una estructura de hormigón armado, tipo arco de doble curvatura (bóveda). Tiene una altura máxima de 78,5 metros, sobre el nivel del cauce del río. La presa tiene una penetración de 7 metros dentro de la roca del fondo del río, el grosor de la base es de 5 metros y el de la cresta es de 2,5 metros. Siendo una de las bóvedas más delgadas del mundo. La longitud total en la cresta es de 148 metros. Cuenta con cuatro compuertas: la N° 1 está en la entrada de un túnel corto construido en la base, en el margen derecho. La N° 2 está en el extremo de dicho túnel, el que se usa para vaciar el embalse y extraer así grandes cantidades de sedimentos. Las compuertas N° 3 y N° 4 son radiales, de acero y están a 980 metros sobre el nivel del mar; se emplean para regular el nivel del embalse. Cuando el río aporta más agua de la necesaria estando lleno el embalse, las compuertas se abren de tal manera que el excedente pasa a los vertedores, canales o toboganes curvos, anchos arriba y angostos en el extremo, para descargar el sobrante directamente al río.

**C- Conducción:**

- 1- **Toma de aguas:** Se encuentra en el margen derecho del embalse, muy cerca de la presa. Tiene forma de bocina y cuenta con rejillas de limpieza. Está al inicio del túnel de conducción. Entre la toma y el túnel se haya una compuerta de regulación.
- 2- **Túnel:** El transporte del agua se hace por medio de un túnel de sección circular, de 6.392 metros de longitud y 3,80 metros de diámetro.
- 3- **Tanque de oscilación:** Se encuentra al inicio de la tubería de presión. Es subterráneo (pozo), de 75 metros de profundidad por 16 metros de diámetro; está revestido de concreto, sobre el que está el blindaje interior, hecho de lámina de acero.
- 4- **Tubería de presión:** Se inicia 125 metros aguas arriba de la salida del túnel. Tiene dos partes: la horizontal está unida al tanque de oscilación y se prolonga desde este sitio hasta la casa de válvulas; la segunda parte, o tramo inclinado, se inicia en la casa de válvulas y finaliza en la casa de máquinas. Su longitud total es de 585 metros y su diámetro varía de 3,40 a 1,70 metros.

**D- Casa de máquinas:** Es un edificio de concreto y acero en el que se alojan los equipos turbogeneradores, los pupitres de mando, tableros de lecturas y mediciones; oficina, bodegas, etcétera. Las turbinas son de reacción, tipo Francis, giran a razón de 514 revoluciones por minuto y son de marca Toshiba. La caída mínima aprovechable es de 238 metros. Los generadores son también de marca Toshiba; la capacidad instalada es de 40.000 kVA en las unidades N° 1 y N° 2, con un factor de potencia de 0,8 para la generación de 32.000 kW y la unidad N° 3 de 46.000 kVA con el mismo factor de potencia, para dar 36.800 kW. La capacidad instalada se duplicó cuando entró en servicio la segunda unidad, el 12 de enero de 1967. Estas dos unidades constituyen la primera etapa de la planta Cachí. La ampliación Cachí II concluyó cuando comenzó a generar la última unidad, la N° 3: el 4 de agosto de 1978. La capacidad total instalada de la planta Cachí es de 100.800 kW.

**Canal de desfogue:** Recoge el agua a la salida de las turbinas y la devuelve al río Reventazón. Mide 120 metros de longitud.

**E- Subestación elevadora:** Está ubicada contiguo a la casa de máquinas. Eleva el voltaje de 13.800 a 138.000 voltios. La planta Cachí entró en generación comercial el 7 de mayo de 1966 con la primera unidad, generando 32.000 kW.

## **COMPLEJO HIDROELÉCTRICO DE LAS PLANTAS AVANCE - PUERTO ESCONDIDO - LOS LOTES**

Este complejo consta de tres pequeñas plantas que operan en cascada: Avance, Puerto Escondido y Los Lotes. Fueron compradas por el ICE a la empresa Miller Hnos., en junio de 1975. Su generación total es de 799 kW. Antes de ser incorporadas al Sistema Nacional Interconectado, estas mini-centrales daban abastecimiento eléctrico a las poblaciones de Mata de Plátano, Rancho Redondo, Tres Ríos y parte de Llano Grande.

## PLANTA AVANCE

La planta Avance es la primera del complejo. Está ubicada en el margen izquierdo del río Tiribí. En los años cuarenta, ésta planta era conocida con el nombre de María del Rosario y abastecía al pueblo de Rancho Redondo y parte de Llano Grande. Se encuentra a una altura de 1.750 metros sobre el nivel del mar. Esta planta fue inaugurada en el año 1938.

- A- Localización:** Cantón 3° La Unión, distrito 7° San Ramón, de Cartago.
- B- Fuente de abastecimiento:** Río Tiribí.
  - 1- Canal:** Toma las aguas del río Tiribí y las traslada a la tubería de presión. Empieza en un primer tramo hecho en tierra y continua por otro en cemento, pasando por un desarenador. Éste último cuenta con tres vertedores y un canal subterráneo de excedencias.
- Desarenador:** Construido sobre una área de 4 metros cuadrados con una profundidad de 3 metros, aproximadamente.
- C- Conducción:**
  - 1- Tubería de presión:** Conduce las aguas desde el canal a la casa de máquinas. Su longitud es de 152 metros y un diámetro de 508 milímetros.
- D- Casa de máquinas:** Su caída neta es de 148 metros. El caudal de la tubería de presión activa la turbina tipo Pelton, marca Escher Wyss, a una velocidad de 1.200 revoluciones por minuto, con un consumo de 200 l/s (0,2 m<sup>3</sup>/s). El equipo de generación consiste en un generador tipo Horizontal, de la marca General Electric, de 3 fases, con una frecuencia de 60 Hz, conexión Estrella, a 2.300 voltios, un factor de potencia de 0,80 para una producción de 240 kW.

## PLANTA PUERTO ESCONDIDO

Esta planta es el segundo aprovechamiento de las aguas del río Tiribí. En los años cuarenta, se le conocía con el nombre de María del Socorro. En esos tiempos proveía de electricidad al pueblo de Mata de Plátano. Se encuentra a una altura de 1.700 metros sobre el nivel del mar. La planta fue inaugurada en el 1940.

- A- Localización:** Cantón 3° La Unión, distrito 7° San Ramón, provincia de Cartago.
- B- Fuente de abastecimiento:** Se abastece de las aguas del río Tiribí que fueron previamente turbinadas en la planta Avance, más un caudal extra que es tomado nuevamente del río Tiribí, para satisfacer la demanda de la planta.
  - 1- Canal subterráneo:** Se toma el caudal en la salida de casa de máquinas de la planta Avance, para ser conducido por este canal hasta un desarenador, hecho de concreto.

- 2- **Toma de aguas:** Se ubica en la ribera del río Tiribí para complementar las que toma el canal subterráneo de la planta Avance.
- 3- **Desarenador:** Tiene una área de 4 metros cuadrados y una profundidad de 3 metros, aproximadamente. Éste cuenta con un vertedor y una pequeña compuerta de fondo para su limpieza.
- C- **Conducción:**
  - Tubería de presión:** Conduce las aguas del desarenador hasta casa de máquinas. Su longitud aproximada es de 250 metros y un diámetro de 51 centímetros.
- D- **Casa de máquinas:** La caída neta es de 80 metros, el caudal de la tubería de presión activa la turbina tipo Francis, marca Escher Wyss, a una velocidad de 900 revoluciones por minuto, con un consumo de 320 l/s (0,32 m<sup>3</sup>/s). El equipo de generación consta de un generador tipo Horizontal, de la marca Dornhoff, de 3 fases, con una frecuencia de 60 Hz, conexión Estrella, a 2.300 voltios, y un factor de potencia de 0,80 para generar 184 kW.

## PLANTA LOS LOTES

Tercer y último aprovechamiento del río Tiribí. Esta planta se le conocía con el nombre de María del Carmen y abastecía al pueblo de Tres Ríos. Se encuentra a una altura de 1.565 metros sobre el nivel del mar. Los Lotes se inauguró en el año de 1956.

- A- **Localización:** Cantón 3° La Unión, distrito 6° Dulce Nombre, provincia de Cartago.
- B- **Fuente de abastecimiento:** Se abastece de las mismas aguas del río Tiribí que fueron utilizadas en la planta Puerto Escondido, más un caudal extra.
  - 1- **Canal:** Se ubica en la salida de casa de máquinas de la planta Puerto Escondido. Conduce las aguas hasta un desarenador, de concreto. Tiene una longitud de 1 km, aproximadamente. A éste se le unen las aguas tomadas directamente de río Tiribí. Pasa por un desarenador, que tiene 9 vertedores, para evitar derrames a lo largo del canal de conducción.
  - 2- **Toma de aguas:** Se toma el caudal extra del río Tiribí para ser conducido hasta el canal.
  - 3- **Canal de excedencias:** Se localiza al final del canal de conducción. Su función es devolver los sobrantes de agua que trae el canal al río Tiribí.
- C- **Conducción:**
  - 1- **Tubería de presión:** Conduce las aguas del desarenador hasta casa de máquinas. Su longitud aproximada es de 500 metros y su diámetro de 51 centímetros.
- Casa de máquinas:** Tiene una caída de 105 metros, el caudal de la tubería de presión pone en movimiento la turbina tipo Francis, marca J.M. Voith, a una velocidad de 1.200 revoluciones por minuto, con un consumo de 530 l/s (0,53 m<sup>3</sup>/s). El equipo de generación consta de un generador tipo Horizontal, de la marca Schorch, de 3 fases, con

una frecuencia de 60 Hz, conexión Estrella, a 2.300 voltios, y un factor de potencia de 0,75 para una generación de 375 kW.

## **PLANTA ANGOSTURA**

La Planta Hidroeléctrica Angostura, obra monumental, oficialmente inaugurada el 3 de diciembre del año 2000, ofrece, en cada aspecto de su estructura, un gran potencial de desarrollo laboral y socioeconómico a la zona de Turrialba.

El embalse es de 256 hectáreas. Sus alrededores brindan grandes perspectivas de explotación turística a la región. En ese lugar, rodeado de áreas con senderos, se puede practicar la pesca recreativa, la navegación y utilizar las instalaciones destinadas a las actividades de los balseiros en el río Reventazón.

En la década de 1950, el ICE inició estudios sobre hidrología, sedimentos en suspensión recopilando numerosos registros de estaciones pluviométricas en la cuenca del río Reventazón, con el fin de medir su potencial para futuros proyectos hidroeléctricos.

Adicionalmente obtuvo datos de otras estaciones pluviométricas de esa misma cuenca, en el Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), institución que formaba parte de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Se comprobó que el Reventazón constituye uno de los principales recursos energéticos de Costa Rica, tanto por su caudal de agua, como por la altura de su pendiente. Estos factores y su ubicación con respecto a los centros de población de mayor consumo de energía eléctrica, hacen de esta cuenca una de las más aptas para desarrollar proyectos hidroeléctricos.

En 1971, a raíz de esas investigaciones, el ICE consideró que el Proyecto Hidroeléctrico Angostura, tenía las mayores posibilidades de aprovechamiento inmediato. Sin embargo, por falta de presupuesto se tuvo que posponer su ejecución. En cambio se realizó el Proyecto Hidroeléctrico Arenal, el cual presentaba ventajas similares y requería de menores inversiones.

Después de una espera de 21 años se inició, a finales de 1992, la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Angostura con los trabajos de topografía, previos al aval legislativo. Desde fines de ese año comenzó la construcción de las redes planimétricas y de nivelación, que sirvieron de referencia para ubicar las distintas obras del proyecto.

Adicionalmente se instalaron tres redes auxiliares de monitoreo para el control del desplazamiento de taludes, en sitios como camino a La Ventana, camino a la casa de máquinas y en casa de máquinas. A partir de estas redes se realizaron los trabajos de

replanteo de las excavaciones a cielo abierto y de las líneas de túnel. En octubre de 1993 empezaron los movimientos de tierra para construir el plantel central.

Paralelamente a la ejecución de esas labores, la Ley 7388 del 1994 de la Asamblea Legislativa dió luz verde al contrato de préstamo, con el cual se financió el proyecto. En el segundo semestre de ese año, se formalizaron los trámites de compra de los terrenos y se inició la construcción de los caminos de acceso.

En 1995 se realizaron los mayores movimientos de tierra y las primeras excavaciones de las obras subterráneas. Para el 1999 se concluyó la construcción de la presa, de la toma de aguas y del vertedero auxiliar. Al finalizar ese año las obras totales habían avanzado en un 95 %. El llenado del embalse se inició en marzo del año 2000 y en abril se llenó el túnel de conducción.

- A. Ubicación:** Se ubica a 6 km del centro de Turrialba, cantón de la provincia de Cartago, en la cuenca del río Reventazón, en la vertiente Atlántica.
- B. Fuente de abastecimiento:** La planta utiliza las aguas del Reventazón, cuyo caudal promedio es de 103 m<sup>3</sup>/s. Además tiene el aporte de los ríos Tuis y Turrialba, con caudales promedios anuales de 5,1 m<sup>3</sup>/s y 4,5 m<sup>3</sup>/s respectivamente y una caída bruta de 141,5 metros.
- C. Presa:** Se construyó sobre el cauce del río Reventazón. Es una presa del tipo enrocamiento con núcleo impermeable y con una altura máxima de 36 metros. La presa tiene una longitud de cresta de 235 metros y un volumen de casi 450.000 m<sup>3</sup> (metros cúbicos). Para esta obra se movieron 638.136 m<sup>3</sup> de tierra.
- D. Embalse:** Para contar con los 160 m<sup>3</sup>/s de caudal se formó un embalse de regulación semanal de 256 hectáreas, su capacidad de almacenamiento total es de 16,7 Hm<sup>3</sup>, con un volumen útil de once millones de metros cúbicos (11 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) y una superficie máxima de espejo de agua de 2,5 kilómetros cuadrados (2,5 km<sup>2</sup>), a la altura de 577 metros sobre el nivel del mar y desde allí se guían las aguas a través de un túnel de conducción.
- E. Obras del río Tuis:** Consta de una presa derivadora de 69 metros de largo, para la captación de las aguas del río Tuis, que está formada por dos muros de encauzamiento, siendo el muro derecho más largo debido a que en ese tramo no existe ningún apoyo natural como, por ejemplo, una montaña. Además se tiene una toma de aguas que lleva el líquido hacia una cámara de salida, comunicada con un canal de conducción, donde su destino final es el embalse principal. Este canal de conducción de sección es trapezoidal y rectangular (con tapa), tiene una longitud de 3153 metros de largo; haciendo un recorrido por fincas y caseríos. Las secciones con forma rectangular fueron utilizadas en los caseríos para mayor seguridad. Al llegar estas aguas al embalse principal; pasan por una estructura final de llegada comprendida por una transición y un dissipador de energía en forma de gradas.
- F. Obras del río Turrialba:** Consiste de una presa vertedora formada por dos muros laterales en los extremos, una toma de agua, una descarga de fondo y un tramo de presa. Sus dimensiones son: 90 metros de longitud y 16,05 metros de ancho en la toma y 13,97 metros de ancho en la presa. Esta presa tiene un embalse de estancamiento de aguas cuyo flujo es dinámico y continuo hacia la conducción del

túnel y hacia el canal, con el fin de no permitir por mucho tiempo el depósito de las aguas en el embalse. En esta obra se colocó un volumen de cemento de 12.000 m<sup>3</sup>, una parte del cual es concreto compactado con rodillo y la otra concreto convencional; además se utilizó varillas de diferentes diámetros. El fluido es tomado por la toma de aguas de la presa, para luego pasarlo a la conducción formada por 854 metros de túnel, 606 metros de trinchera y de 3.641 metros de canal hasta desembocar en el embalse principal. El total de conducción es de 5.100 metros.

**G. Vertedores:** Con el fin de controlar caudales extraordinarios en el sitio de presa se construyó dos vertedores; el primero o principal y el segundo, el de emergencia o auxiliar.

1. **Vertedor principal:** El vertedor de excedencias principal es de tipo frontal con cuatro compuertas radiales, con una capacidad para evacuar un máximo de 5.500 m<sup>3</sup>/s de agua.
2. **Vertedor de emergencia:** El vertedor de emergencia tiene un canal con dique fusible, de un volumen de 2.300 m<sup>3</sup> de concreto y 40.000 m<sup>3</sup> de dique, para poder evacuar 2.500 m<sup>3</sup>/s de agua. El inicio del vertedor de emergencias se dió en marzo de 1998 y se finalizó el 7 de noviembre del año 1999.

**H. Conducción:**

1. **Toma de aguas:** Aquí las aguas son captadas para luego ser trasladadas a la casa de máquinas mediante la conducción general.
2. **Túnel de conducción:** De 6.188 metros de longitud y 7 metros de diámetro. La conducción inicial con un tramo de 1.000 metros de túnel de baja cobertura, que incluye el paso bajo el río Tuis, excavado en suelos de avalancha con presencia de materia orgánica y gases producto de su descomposición. La excavación fue revestida de concreto reforzado, excepto los 255 metros por debajo el río Tuis, los que se blindaron. Un segundo tramo de conducción con 4.688 metros de longitud se excavó entre aglomerados y brechas, con un diámetro de 7 metros, revistiéndolo de concreto reforzado y con acero en algunos tramos. Los 500 metros finales, excavados en rocas sedimentarias de mala calidad, fueron blindados con tubería de acero con diámetros de 5,8 metros y 6,4 metros.
3. **Tanque de oscilación:** A 300 metros del final del túnel se ubica el tanque de oscilación de 20 metros de diámetro y 81 metros de altura, de los cuales 40 metros son subterráneos.
4. **Tubería de baja presión:** La tubería de presión es de 327 metros de longitud hasta llegar a la casa de máquinas donde se subdivide en tres secciones. Cuenta con válvulas disipadoras de energía y de admisión para regular el flujo de las turbinas.
- I. **Casa de máquinas:** La casa de máquinas alberga tres turbinas tipo Francis de eje vertical, con sus respectivos generadores. Estos turbogeneradores aprovechan una caída bruta de 141,5 metros que permiten generar una potencia de 172.201,5 kW, 67.530 kVA y un factor de potencia de 0,85 para producir un promedio anual de energía de 970 GWh. En este sitio se movieron 426.017 m<sup>3</sup> de tierra y se colocaron 12.573 m<sup>3</sup> de concreto más 764 toneladas de acero. La unidad uno entró en operación el 4 de noviembre,

la unidad dos el 17 de octubre y la tres el 1 de diciembre del año 2000, con una capacidad de 57.400,5 kW cada una.

- J. Patio de interruptores y subestación:** Esta energía es llevada al Sistema Nacional Interconectado mediante la Subestación Elevadora Angostura y la Línea de Transmisión Angostura - Cóncavas de 40 kilómetros de longitud en circuito sencillo de 138 kV.

## **CENTRO DE GENERACIÓN ARCOSA Y LA ZONA DE RIEGO**

**(Arenal, Miguel Dengo (Corobicí), Sandillal y Tejona)**

Para el 1959, el Sistema Nacional Interconectado carecía de plantas con grandes embalses de retención, para solucionar el problema de caudal que se presenta en los veranos y las variaciones cíclicas del régimen de lluvias, por lo cual el Instituto Costarricense de Electricidad realiza los primeros estudios sobre la posibilidad de construir un proyecto hidroeléctrico en la cuenca superior del río Arenal (Guanacaste, entre los cantones de Tilarán y Cañas), (ver Anexo 5).

El Complejo Hidroeléctrico ARCOSA, constituye una de las mayores obras de ingeniería del país. Esta monumental obra está conformada por tres plantas hidroeléctricas (Arenal, Miguel Dengo, Sandillal) cuya generación total es de 363.387,75 kW, lo que representa, aproximadamente el 43,80 % de la generación eléctrica total del país. El complejo fue diseñado para funcionar en cascada, es decir, que cada planta opera en forma independiente pero utilizando las aguas que provienen de la planta situada aguas arriba de ella.

Después de generar electricidad, las aguas son conducidas a través de una red de canales de riego abiertos hasta el Pacífico Seco, donde se está desarrollando el Proyecto de Riego Arenal - Tempisque, del Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA).

### **PLANTA ARENAL**

La planta Arenal constituye el primer aprovechamiento del embalse, del mismo nombre, el cual cubre un área de 87,8 km<sup>2</sup> (almacena 2.416 millones de metros cúbicos de agua). Esta planta es la más importante de todo el complejo, pues además de su gran capacidad de generación eléctrica y su belleza escénica, permite la regulación y derivación de las aguas hacia la vertiente del Pacífico. El embalse se convirtió en el lago artificial más grande de Centroamérica.

- A- Ubicación:** 3,3 km al oeste de la ciudad de Tilarán (Cantón 8°, distrito 4° Santa Rosa), provincia de Guanacaste.

**B- Fuente de abastecimiento:** Los ríos y riachuelos de la cuenca de la laguna de Arenal, de la que se aprovechan 97,5 m<sup>3</sup>/s.

- 1- **Embalse:** Es el represamiento del río Arenal (río Arenal, lago Cote y cincuenta ríos más), desaguadero de la antigua laguna del mismo nombre. Aprovecha las aguas de los ríos Aguas Gatas, Caño Negro, Chiquito y otros de menor importancia que son: San Luis, Sábalo, Piedra, Aguacate, Dos Bocas, Mata de Caña, Fortuna y Cote, etc. A la elevación 546 metros sobre el nivel del mar, el embalse cubre un área de 87,8 km<sup>2</sup> donde acumula 2.416 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales 2.000 millones constituyen el embalse útil.
- 2- **Presa:** Es de tipo enrocamiento (núcleo de arcilla, respaldos de materiales sueltos), se usaron 4,66 millones de metros cúbicos de material de construcción. Mide 1.012 metros de largo, el espesor máximo en la base (sitio del cause del río) es de 553 metros y el espesor en la cresta es de 8 metros. La altura tiene 65 metros.
- 3- **Pozo vertedor (Morning Glory):** tiene un diámetro en la cresta de 10 metros y una profundidad de 39,72 metros. Su máxima capacidad de descarga es de 3.175 m<sup>3</sup>/s.
- 4- **Túnel de desvío:** Empalma con el pozo por medio de un codo. El túnel tiene una longitud de 380 metros y un diámetro de 6,30 metros. También cuenta con una compuerta en su boca, que se usó para iniciar el llenado del embalse, al cerrarla.

**C- Conducción:**

- 1- **Toma de aguas:** Está ubicada hacia el extremo este del embalse, a 5,5 km al norte de Tilarán. Tiene un diámetro de 6 metros y esta protegida por un gran cuerpo de varillas, para evitar el paso de materiales de gran tamaño hacia la conducción.
- 2- **Túnel:** La longitud total es de 6.497 metros. El túnel 1 tiene una longitud de 4.396,77 metros y un diámetro de 5, 20 metros, el túnel 2 tiene una longitud de 2.100,78 metros y un diámetro inicial de 5,20 metros. Los últimos 1.152 metros de este túnel están blindados con lámina de acero y su diámetro es de 4,60 metros. Conduce 97,5 m<sup>3</sup>/s.
- 3- **Tubería de presión:** tiene una longitud de 641,38 metros. La variación del diámetro interior es de 4,60 metros a 2,0 metros en los tres ramales de las turbinas. El espesor de lámina varía de 13 a 24 milímetros y el peso total aproximado es de 1.400 toneladas.
- 4- **Tanque de oscilación:** Tipo orificio restringido; su altura total es de 111,5 metros y su diámetro de 12,5 metros en la sección mayor; el tubo de diámetro reducido mide 19 metros de altura por 7 metros de diámetro. La capacidad de toma del tanque es de 50 % de plena carga. La parte visible es de 57,10 metros.

**D- Casa de máquinas:** Está ubicada a 3,5 km al oeste de Tilarán, Guanacaste.

Mide 21 metros de ancho, 54,5 metros de largo y 31,40 metros de alto; la superficie es de 1.145 m<sup>2</sup>. Incluye las unidades turbogeneradoras, la sala de control, los tableros y pupitres de mando, la sala de auxiliares, los transformadores de potencia y la antecámara de restitución. La planta Arenal tiene tres turbinas tipo Francis, que giran a razón de 360 revoluciones por minuto y aprovechan una caída neta de 186

metros. La caída bruta es de 210 metros. El caudal turbinable por unidad es de 32,5 m<sup>3</sup>/s. Las turbinas son marca Fuji Electric Co, mientras que los generadores son marca Mitsubishi. Éstos últimos están acoplados a sus respectivas turbinas mediante un eje vertical. La capacidad de cada uno es de 61.725 kVA y un factor de potencia de 0,85 que da 52.466,25 kW. La potencia nominal de Arenal es de 157.398,75 kW, el voltaje de generación es de 13,8 kV y el de transmisión es de 230 kV. La generación anual suma 637 GWh. La unidad N° 3 entró en generación comercial el 9 de diciembre de 1979; la N° 2 lo hizo el 20 de diciembre del mismo año y la N° 1 lo hizo el 10 de abril de 1980.

## PLANTA MIGUEL DENGO

Esta planta representa el segundo aprovechamiento del Complejo Hidroeléctrico Arenal. Su construcción costó dos mil millones de colones. El 30 % fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El ICE, con fondos propios y otras fuentes de financiamiento, asumió el 70 % restante.

Desde su creación en 1982 y hasta el 2002 esta planta se llamó "Planta Hidroeléctrica Corobicí". Pero al cumplir los 20 años se le cambió el nombre a "Miguel Dengo Benavides", como homenaje a quién fungió como jefe del Proyecto Hidroeléctrico Corobicí y en 1980 perdió la vida en un percance mientras recorría las aguas del embalse de Arenal.

- A- **Localización:** 4,5 km al norte de la ciudad de Cañas (Cantón 6° Cañas, Distrito único), provincia de Guanacaste.
- B- **Fuente de abastecimiento:** Aprovecha las mismas aguas empleadas en la Arenal más un pequeño aporte del río Santa Rosa, por medio de la presa que forma el embalse del mismo nombre, ubicada 200 metros aguas abajo de la casa de máquinas de la Arenal.
  - 1- **El embalse Santa Rosa:** Constituye el desfogue de la planta Arenal; su volumen es de 143.670 m<sup>3</sup>, lo cual permite la operación coordinada de las dos plantas, evitando derrames y garantizando la operación de la Miguel Dengo por un corto tiempo, en caso de interrupciones temporales de una o más unidades de la Arenal. Además adiciona el caudal del río Santa Rosa.
  - 2- **Presa Santa Rosa:** Se localiza sobre el río del mismo nombre, 200 metros aguas abajo de la casa de máquinas Arenal. Es de concreto, tipo gravedad vertedora, de 124,75 metros de longitud. La sección vertedora tiene 40 metros de longitud. Posee además una estructura para descargas de fondo. La altura total es de 19 metros; hasta el nivel de vertedero es de 17 metros; el espesor en la base es de 20 metros y el volumen de 26.971 m<sup>3</sup>.
- C- **Conducción:**
  - 1- **Toma de aguas:** Está localizada en el extremo de la antecámara de restitución de Arenal. La toma de Corobicí consta de dos tomas gemelas de 7,38 metros de ancho por 6,86 metros de alto cada una. La N° 1 es un

previsto para realizar una eventual ampliación futura del complejo hidroeléctrico. La N° 2 da acceso al túnel de conducción.

Cada toma cuenta con una compuerta tipo vagón de acero con su respectivo mecanismo de izaje.

- 2- **Túnel:** Tiene 4.795 metros de longitud; es de sección circular de 5,2 metros de diámetro.
  - 3- **Tubería en trinchera:** Fue construida en acero; mide 3.362 metros de longitud por 4,7 metros de diámetro.
  - 4- **Tubería de presión:** Es de 803 metros de longitud, también construida de láminas de acero. La variación del diámetro interior es de 4,4 a 2 metros y el espesor de la lámina varía de 13 milímetros al inicio hasta 28 milímetros al final.
  - 5- **Tanque de oscilación:** Se construyó en la parte inicial de la tubería de presión, también con láminas de acero y está completamente expuesto. Mide 101 metros de alto por 18 metros de diámetro. Su capacidad de toma es 50 % de plena carga. Este tanque constituye la segunda estructura más alta de Costa Rica, después de la torre de precalentamiento realizada por Cementos del Pacífico en Colorado de Abangares, con una altura de 104 metros.
- D- Casa de máquinas:** Se encuentra a 4,5 km al norte de Cañas. Mide 22,25 metros de ancho, 70 metros de largo y 37,35 metros de alto. Su superficie es de 1.557,5 m<sup>2</sup>. Incluye las tres unidades turbogeneradoras, los sistemas de control, medición y protección, la sala de auxiliares, los transformadores de potencia, bodegas, oficinas, etc. Las turbinas son tipo Francis, de marca Mitsubishi; giran a razón de 360 revoluciones por minuto y aprovechan una caída bruta de 234 metros. El caudal unitario es de 32,5 m<sup>3</sup>/s. Los generadores, al igual que en Arenal, están acoplados por un eje vertical a las respectivas turbinas. La capacidad unitaria es de 68.240 kVA, con factor de potencia de 0,85 para una capacidad neta de 58.004 kW. La potencia nominal total es de 174.012 kW, siendo la de mayor capacidad del país. El voltaje de generación es de 13,8 kV y el de transmisión de 230 kV. Los grupos generadores son de marca Hitachi. Las tres turbinas descargan sus aguas en la cámara de restitución que mide 50 metros de longitud, 15 metros de ancho y 13,5 metros de profundidad máxima. En el extremo aguas abajo se construyó un vertedor para regular el nivel del agua en la cámara. El agua pasa luego al canal de restitución, el cual mide 113 metros de longitud. A partir del canal, el agua se entrega al embalse de Sandillal. Esta planta entró en generación el 20 de marzo de 1982, con la unidad N° 1, la segunda unidad lo hizo el 28 de julio y la tercera el 21 de setiembre.

## **PLANTA SANDILLAL**

Esta planta constituye el tercer y último aprovechamiento hidroeléctrico en cascada de las aguas del Lago Arenal. Su elevación máxima es de 93 metros sobre el nivel del mar y la altura mínima de operación es de 88 metros sobre el nivel del mar. La construcción de esta planta costó 62 millones de dólares (que en ese momento eran aproximadamente 3.500

millones de colones) de los cuales el (BID) financió el 60 % y el ICE aportó el 40 % restante. En diciembre de 1996, Sandillal tenía un costo cercano a los 9.975 millones de colones.

Sandillal tiene dos funciones:

Generar electricidad.

Regular las aguas provenientes de las plantas Arenal y Miguel Dengo, por medio de un embalse, para adecuarlas a los requerimientos de riego.

- A. Ubicación:** 4 km al norte de Cañas (cantón 6° , distrito único), provincia de Guanacaste.
- B. Fuente de abastecimiento:** Se abastece del río Santa Rosa y del embalse Sandillal.
- 1. Embalse:** Abarca un volumen de 6,26 hm<sup>3</sup> en un área de 71 hectáreas, con una elevación máxima normal de 93 metros sobre el nivel del mar y un nivel mínimo de operación de 88 metros sobre el nivel del mar. Tiene un volumen de 6,26 hm<sup>3</sup>, del cual solo 5,13 hm<sup>3</sup> es volumen útil. El agua proviene del lago de Arenal, luego de pasar por la casa de máquinas de plantas Arenal y Miguel Dengo.
  - 2. Presa:** Tipo de enrocamiento con núcleo impermeable vertical, una altura de 45 metros, un volumen de 620.000 m<sup>3</sup>, una longitud y ancho de cresta de 270 metros y 10 metros respectivamente, a la elevación de 96 m sobre el nivel del mar.
  - 3. Obras de excedencias:** Incluyen una estructura de control con cimacio de 14 metros de largo, cresta a 84 metros sobre el nivel del mar, dos compuertas radiales de 6 metros de base, 9,8 metros de altura y 12 metros de radio. Además, una rápida con base de 14 metros, largo de 163 metros y altura de 5 metros. La base del dissipador mide 16 metros, la altura 14,5 metros y la longitud 35 metros, con una cota de piso de 55 metros sobre el nivel del mar.
- C. Conducción:**
- 1. Toma de aguas:** Se ubica en el margen derecho del embalse, 200 metros aguas arriba del eje de la presa. La base es de 31 metros por 24 metros y 14 metros en la parte posterior (entrada del túnel) por una altura de 30 metros.
  - 2. Túnel:** El túnel es blindado y cuenta con una longitud de 298 metros, un diámetro de 6,5 metros a 3,6 metros y una pendiente de 2,3 % (muy baja).
  - 3. Tubería de presión:** Tiene una longitud de 155 metros, comprendida por 60 metros con un diámetro de 6,5 metros y espesor de 17 milímetros y por dos ramales de 56 metros de longitud con diámetro de 3,6 metros y un espesor de 20 milímetros.
  - 4. Canal de restitución:** Está formado por una cámara con la base de 15 metros y la altura del mismo tamaño, además del canal, que es de 218 metros de longitud y una pendiente de 0,1 % donde los primeros 55,5 metros es una sección rectangular con 15 metros de ancho y el resto en forma trapezoidal.
  - 5. Descarga de fondo:** Comprende un canal rectangular de 6,5 metros de ancho, 4 metros de altura y 127 metros de longitud, así como un cuenco dissipador de energía de 10 metros de ancho y 65 metros de longitud. Las aguas son entregadas al río Magdalena, cerca de su confluencia con el río

Santa Rosa. El cuenco dissipador de energía es el final del canal de desvío y de la descarga de fondo.

- D. Casa de máquinas:** Está ubicada 4 km al norte de Cañas, sobre el río Santa Rosa. Comprende un área de construcción de 4.000 m<sup>2</sup> distribuido en tres plantas donde aloja dos turbinas tipo Kaplan de 16,5 MW cada una, en su primera etapa. Cuenta con un sistema de control propio y con uno a control remoto ubicado en la casa de máquinas de la planta Arenal. La casa de máquinas de Sandillal produce 31.977 kW de potencia y una energía anual promedio de 145 GWh. Tiene una caída aprovechable de 37 metros. Las turbinas giran a razón de 300 revoluciones por minuto. El equipo generador consta de dos generadores trifásicos marca Siemens de 16 830 kVA cada uno, con un factor de potencia de 0,95. Esta obra, además de generar energía eléctrica, sirve como reguladora del sistema de riego Arenal - Tempisque.

La construcción de Sandillal se inició en diciembre de 1987: la unidad N° 1 entró en operación el 10 de noviembre de 1992 y la N° 2 el 8 de diciembre del mismo año, generando 15.988,5 kW cada una.

## **ZONA DE RIEGO**

Después de generar electricidad en las tres plantas del Complejo Hidroeléctrico Arenal, las aguas salen por el canal de desfogue de la planta Sandillal hasta toparse con la represa Miguel Dengo, 500 metros más abajo. De aquí salen dos canales: uno hacia el sur y otro hacia el oeste, para irrigar la amplia zona agrícola y ganadera de Guanacaste. Este sistema es conocido como Distrito de Riego Arenal - Tempisque (DRAT) y está diseñado para cubrir alrededor de 60.000 hectáreas de tierras fértiles.

El Proyecto de Riego Arenal - Tempisque está a cargo del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), entidad pública autónoma, creada en 1983 y encargada de centralizar las actividades que realizaban diversas instituciones en el campo del riego, drenaje y de aguas subterráneas desde 1973.

## **PLANTA TEJONA**

Desde la década de 1980, el ICE inicia el estudio del posible aprovechamiento de la energía de los vientos en Costa Rica. Para ello la institución contrató a la firma suiza Electrowatt Ingenieros Consultores, para que efectuaran una evaluación del potencial eólico del país.

El día 19 de julio del 2000 se firmó el contrato con la firma holandesa N.V. EDON Groep para el suministro de equipos y servicios de operación y mantenimiento de la planta eólica, el cual fue refrendado por la Contraloría General de la República el 28 de noviembre del 2000. El 22 de diciembre del 2000 se emitió la Orden de Inicio en la cual se estableció como fecha del comienzo de trabajos, el 28 de febrero del 2001.

Se firmó el contrato entre el ICE y el banco holandés que administraría los fondos de donación ofrecidos por el contratista en su oferta. Esta donación asciende a los 8 millones de florines holandeses.

Para la construcción de este proyecto se han destinado dos cerros, conocidos como Montecristo y Altamira.

De los 30 generadores, el ICE adquirió 8 y los 22 restantes los tomó bajo un esquema de arrendamiento con opción de compra durante 5 años. Durante el período de arrendamiento, la operación y mantenimiento de la planta estuvo a cargo del contratista. La construcción de la planta y el montaje de todos los equipos se realizaron a cargo del ICE bajo la supervisión de la firma holandesa.

- A- Ubicación:** El Proyecto Eólico Tejona se ubica en el cantón de Tilarán en la provincia de Guanacaste, a unos 8 km de la ciudad de Tilarán. La planta se construyó dentro de dos fincas con un total aproximado de 47 hectáreas, que comprenden parte de la fila Montecristo de 39 hectáreas, y parte de la fila Altamira de 8 hectáreas.
- B- Fundación:** Consiste en dados de concreto, que sirven como bases para soportar las torres de las unidades. Cada uno tiene 4,8 metros de lado por 6 metros de profundidad, con el anillo que sirve de fundación, embebido dentro del acero, con una cantidad aproximada a los 140 metros cúbicos de concreto.
- C- Torres:** Cada una de las torres está compuesta por dos secciones tubulares, y en su parte superior se monta el generador. La primera, de 14 toneladas, tiene 14 metros de altura y un diámetro que va de los 3 metros en la base a los 2,5 metros en la parte superior. La sección de 15 toneladas, mide 24 metros de altura y sus diámetros van de los 2,5 metros en la unión a 2 en la parte alta. Entre cada torre existe una distancia de dos diámetros de turbina, o sea 84 metros. En la parte inferior de cada una hay una compuerta para ingresar dentro de la torre.
- D- Unidades:** Se instalaron 30 generadores eólicos con una capacidad nominal 660 KW cada uno, para un total de 19,8 MW. La marca de las unidades es Vestas, modelo V42-660, con un factor de disponibilidad del 95 %. Además cada unidad cuenta con el sistema de control opti-slip, para la regulación de las aspas de manera que siempre se encuentren posicionadas en el ángulo óptimo de paso para las condiciones de viento prevalecientes. Según las especificaciones del equipo y el régimen de los vientos en el sitio, son capaces de producir 90.000 kWh/año. Las turbinas están conectadas a transformadores de pedestal, donde el voltaje es incrementado de 690 voltios a 34,5 kV. Las líneas de 34,5 kV se juntarán en dos circuitos y se llevarán bajo tierra a la Subestación Tejona. Cada uno de los circuitos recoge la energía de 15 unidades. De la Subestación Tejona sale una línea de transmisión, la cual está conectada a la Subestación Arenal, que se encuentra a 7 kilómetros del sitio del proyecto. Las aspas son de fibra de vidrio, pesan 2 toneladas y miden **XX** metros de largo. El rotor tiene un peso de 8,5 toneladas.

## **CENTRO DE GENERACIÓN TORO** (Toro I, Toro II y Peñas Blancas)

En la década de los años 1960, el ICE inició estudios hidrológicos y meteorológicos en la cuenca del río Sarapiquí mediante la colocación de estaciones fluviográficas en Cariblanco, Puerto Viejo y Veracruz. A raíz de estos estudios, en 1974 el ICE se interesa en aprovechar el potencial hídrico de la cuenca alta del Río Toro, se esboza así el primer anteproyecto para ello.

El complejo Toro está ubicado en el cantón de Valverde Vega, provincia de Alajuela. Está compuesto de dos plantas hidroeléctricas que operan en cascada y se sustenta de las aguas del río Toro, entre los 1.265 y 691 metros sobre el nivel del mar. La Planta Hidroeléctrica Toro II utiliza también las aguas de la quebrada Gata y el río Claro que unen su caudal con el del río Toro. El complejo da una potencia total de 88.941 kW, mientras que la energía total generada por año es de 370 GWh, esto satisface la demanda anual eléctrica de 616.500 habitantes, es decir 123.300 familias.

El costo total estimado del proyecto fue de \$ 99 millones, financiado, aproximadamente en un **56%** por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y en un **44%** por el ICE.  
(¿y los otros 10%?)

### **PLANTA TORO I**

Es la primera de las dos plantas en cascada del complejo, con una producción de 23.205 kW. La conducción no tiene tanque de oscilación, debido a que la topografía de la zona no favorece su construcción, esta condición le da cierta rigidez para realizar cambios rápidos de potencia (capacidad de regulación). El costo total de la planta se estima en \$ 39 millones, incluyendo gastos financieros, esto implica un valor de \$ 1.645 por cada MW instalado, convirtiéndola en un proyecto sumamente económico.

- A. Ubicación:** En el cantón 12° Valverde Vega, distrito 3° Toro Amarillo, de la provincia de Alajuela. La casa de máquinas, está situada a 10 km de la población de Bajos de Toro Amarillo.
- B. Fuente de abastecimiento:** Las unidades generadoras de Toro I, utilizan las aguas del río Toro y de algunos de sus afluentes.
  - 1. Presa:** A 5 km de la población de Bajos del Toro, se ubica la presa vertedora de concreto, la toma de aguas y la descarga de fondo. La presa cuenta con una altura de 11 m, con una longitud de 20 m y un volumen de 7.650 m<sup>3</sup>.
- C. Conducción:**

1. **Toma de aguas:** Está ubicada en el margen derecho del río. Es aquí donde se toman las aguas que van hacia los túneles de conducción. En ella se instalaron unas rejillas para evitar el paso de basuras a la conducción, las cuales se limpian con limpiarregas.
  2. **Desarenadores:** El agua desviada pasa por dos canales desarenadores en donde se eliminan los sedimentos de mayor tamaño, entrando luego a la cámara de presión.
  3. **Túnel de conducción:** Se inicia en la cámara de presión de la toma Toro I, tiene una longitud de 1.058 m, un diámetro interno de 2,3 m en las zonas revestidas de concreto y 2,1 m en la zona de blindaje (láminas de acero de 8 mm de espesor, debido a la poca cobertura del terreno sobre la corona).  
Con el propósito de impedir la infiltración de las aguas del río Agrio, que contienen una alta concentración de sulfatos y un PH muy bajo (acidez muy alta); lo que podría dañar el blindaje de concreto, se construyó justo al inicio, un pozo de 37 m de profundidad para ganar cobertura y pasar el túnel debajo del río.
  4. **Tubería de presión:** Esta tubería tiene una longitud de 1.685 m y un diámetro interno de 2,1 m, está ubicada en una trinchera excavada en suelos superficiales. Al aproximarse a la casa de máquinas debe cruzar la quebrada Gata por medio de un puente metálico de 57 m de longitud. Al llegar a la casa de máquinas la tubería se bifurca con el propósito de conducir las aguas hacia las unidades turbogeneradoras; posee además, una tubería de desvío hacia la cámara de presión.
- D. Casa de máquinas:** Consta de cuatro niveles, con una área de 20 m de ancho por 30 m de largo; donde se ubican los equipos de generación y la sala de control. El equipo hidráulico consta de dos unidades Francis vertical de 12 MW cada una, marca Impsa, de fabricación argentina. Tiene una caída bruta de 189 m y una neta de 173,6 m, con un caudal de 15,2 m<sup>3</sup>/s y giran a 720 r.p.m., lo que permite generar una potencia de 23,2 MW. El equipo generador consta de dos generadores tipo sincrónico, marca Sade Vigesa, de fabricación brasileña, con capacidad de 13.800 V (13.650 kVA), con un factor de potencia de 0,85 por lo que la capacidad instalada unitaria es de 11.602,5 kW, a 60 HZ.
- Se construyó una tubería de desvío con 1 m de diámetro por 13 m de longitud donde se ubica la válvula mariposa y la válvula cónica, desemboca en una cámara disipadora de energía, garantizando la continuidad de operación de la planta Toro II en caso de producirse fallas en la planta Toro I o al brindarle mantenimiento a los equipos de generación de ésta

La unidad N° 1 entró en operación el 4 de octubre de 1996 y la unidad N° 2 inició el 20 de setiembre de 1995.

## **PLANTA TORO II**

Esta planta es el segundo aprovechamiento del Complejo Toro, agregando un caudal de 5 m<sup>3</sup>/s de la quebrada Gata que se suma al desfogue de casa de máquinas de Toro I, para un caudal total de 20 m<sup>3</sup>/s. Produce un potencial máximo de 65.736 kW teniendo una caída bruta de 384,5 m. El costo total de la planta se estima en 60 millones de dólares.

- A. Ubicación:** Cantón 12° Valverde Vega, distrito 3° Toro Amarillo, de Alajuela. La casa de máquinas de Toro II, se encuentra localizada a 16 km al sur de la población de Venecia de San Carlos.
- B. Fuente de abastecimiento:** Simultáneamente a la construcción de la casa de máquinas de Toro I, se construyó la restitución de la dicha planta, que recoge el agua de las turbinas con un caudal de 15 m<sup>3</sup>/s, más las aguas de la quebrada Gata con un caudal de 5 m<sup>3</sup>/s, para un total de 20 m<sup>3</sup>/s, que son conducidos hacia un embalse por medio de un canal abierto que abastece la planta Toro II. Además del aporte de la quebrada Gata, se tienen dos obras de aportes más. Estas son la Presa y Toma Río Claro (aporta 0,5 m<sup>3</sup>/s) y la Presa y Toma Río Pozo Azul (aporta 0,5 m<sup>3</sup>/s).
- 1. Canal abierto:** Canal de concreto de 680 m de longitud, transporta el agua de las fuentes de abastecimiento hasta un embalse.
  - 2. Embalse:** Embalse de regulación con capacidad para 277.000 m<sup>3</sup>, con el fondo revestido de tela de polietileno para su impermeabilización.
- C. Conducción:**
- 1. Toma de aguas:** Aquí se captan las aguas del embalse para ingresarlas a una tubería de baja presión. Cuenta con sus respectivas rejillas para impedir el paso de objetos grandes.
  - 2. Tubería de baja presión:** Tiene una longitud de 984 m y 2,4 m de diámetro.
  - 3. Pozo:** Las aguas que ingresan por esta tubería posteriormente continúan por un pozo de 105 metros de profundidad para caer en el túnel de conducción.
  - 3. Túnel de conducción:** Su longitud es de 170 m, que alberga una tubería de 2 m de diámetro, para salir nuevamente a la superficie y continuar a través de una tubería de acero.
  - 4. Tubería de presión:** Tiene una longitud de 214 m de largo y 2 m de diámetro, ubicada en una trinchera, conduce las aguas al tramo final anterior a la casa de máquinas.
  - 5. Pozo:** El caudal proveniente del túnel pasa por este pozo de 51 m de profundidad, para luego ser transportado a otro túnel.
  - 6. Túnel:** El último tramo antes de ingresar a casa de máquinas se hace a través de éste de 31 m de largo, blindado en acero.
- D. Casa de máquinas:** Es un edificio de ocho niveles bajo la superficie y uno superficial. Las unidades generadoras están ubicadas en un pozo elíptico de 30 m de profundidad.
- La planta cuenta con dos unidades generadoras de 32,9 MW cada una, con una caída neta de 366,2 m y una caída bruta de 385 m. Las dos turbinas son de tipo Francis con eje vertical que giran a una velocidad de 720 r.p.m., marca Litostroj. El equipo generador consta de dos generadores tipo sincrónico, marca Sade Vigesa, con capacidad de 13.800 V y 36.520 kVA, con un factor de potencia de 0,9, por lo que la capacidad instalada unitaria es de 32.868 kW, a 60 HZ.

La unidad N° 1 entró en operación el 30 de agosto de 1996 y la operación de la unidad N° 2 se inició el 4 noviembre del mismo año.

**E. Patio de interruptores y la subestación:** La energía eléctrica de las plantas Toro I y Toro II sale a través de los transformadores de potencia, los cuales elevan su voltaje de 13,8 kV a 230 kV, que se trasmite a la subestación Toro.

Ésta se incorpora al Sistema Nacional Interconectado, mediante la transmisión a 230 KV, tanto a la subestación de Ciudad Quesada, como a la de San Miguel de Santo Domingo de Heredia.

A la subestación Toro, también llega la energía generada por varios proyectos de generación privados, de la Zona Norte del país.

## **PLANTA PEÑAS BLANCAS**

Desde el punto de vista energético, el río Peñas Blancas ha sido estudiado desde 1972 cuando el ICE lo incluyó en el estudio de posibles aportes al embalse Arenal. Posteriormente, en 1987, en el Plan Maestro de la Cuenca Hidrográfica del Río San Carlos, se propusieron dos proyectos en el río Peñas Blancas: el P.H. Poco Sol y el P.H. Peñas Blancas.

En 1989, se analizaron de nuevo las dos opciones para el uso de este río. En la primera opción se pretendía captar las aguas para conducir las al embalse Arenal, mientras que en la otra se pretendía hacer dos proyectos en cascada (P.H. Poco Sol y P.H. Peñas Blancas). Con el análisis se concluyó que el aporte de las aguas al embalse Arenal no era factible económicamente y que el desarrollo hidroeléctrico óptimo del río Peñas Blancas implicaba hacer ambos proyectos.

En el segundo semestre de 1994, se decidió plantear y comparar varios posibles desarrollos del P.H. Peñas Blancas, además del esquema del último estudio antes citado. Como resultado se obtuvieron seis posibles esquemas los cuales, después de hacerles un análisis económico y de impacto ambiental, se redujeron a dos. Esas dos opciones fueron sometidas a investigaciones más detalladas, definiéndose el esquema más apropiado. Finalmente en el mes de agosto de 1999, se presentó ante el SETENA el Estudio de Impacto Ambiental del P.H. Peñas Blancas, el cual fue aprobado en noviembre de ese mismo año. En el año 2000 se le dió el financiamiento necesario para su ejecución, por medio del Banco Nacional de Costa Rica.

En mayo del año 2000 dió inicio la construcción de las obras, al realizarse los primeros movimientos de tierra. Las dos unidades entraron a generar el 21 de agosto del 2002.

**A. Ubicación:** El río Peñas Blancas forma parte de la cuenca del río San Carlos, el que a su vez desemboca en el río San Juan.

Las principales obras de la planta hidroeléctrica Peñas Blancas, como la presa y el embalse, se encuentran entre dos cantones de la provincia de Alajuela, San Ramón y San Carlos. El río Peñas Blancas sirve de límite entre ambos cantones. El margen izquierdo pertenece al distrito de Peñas Blancas, cantón de San Ramón y el derecho es del distrito de La Tigra, cantón de San Carlos. Las obras de conducción, casa de máquinas y restitución se ubican en la orilla izquierda, en los alrededores de San Isidro de Peñas Blancas.

- B. Fuente de abastecimiento:** Se abastece de las aguas del río Peñas Blancas.
- C. Presa:** La presa es de gravedad del tipo de concreto compactado con rodillo (RCC), con una altura de 47 m y una longitud de cresta de 203 m.
- D. Embalse:** Esta presa forma un embalse de regulación diaria a la cota de 264 metros sobre el nivel del mar, con un volumen total de 3,3 hm<sup>3</sup>, para un volumen útil de 2 hm<sup>3</sup>. El área del embalse es de 23 ha cuando está a una elevación de 305 m sobre el nivel del mar.
- E. Vertedor:** Tiene 89 m de longitud y funciona con descarga libre. Fue diseñado para evacuar el caudal pico con un período de retorno de 5 000 años, el cual se estima en 1 600 m<sup>3</sup>/s.
- F. Toma de aguas:** La toma de aguas es una estructura independiente de la presa. Se encuentra en el margen izquierdo del río, con una orientación de aproximadamente 22 grados con respecto al eje de presa y se accede a ella por medio de un puente de 17 m de largo. Tiene una capacidad de derivación de 33 m<sup>3</sup>/s.
- G. Túnel de conducción:** túnel de 2.080 metros de largo, de los cuales 355 metros son blindados. La parte revestida de concreto tiene un diámetro de 4 metros, mientras que la del blindaje tiene 3,30 metros. Este túnel posee dos pendientes, la primera es de 1,4 % y la segunda de 1,5 %.
- H. Tubería:** Es de 1.285 m de largo, dividida en dos tramos. El primero se extiende desde el portal del túnel hasta el tanque de oscilación. Tiene 370 metros de longitud y un diámetro de 3,5 metros (tubería de baja presión). El tramo restante, es de 915 metros de longitud y un diámetro que oscila entre 3,7 y 3,5 metros (tubería forzada). Para la construcción se utilizaron 1.786 toneladas de acero. La tubería de presión tiene una caída bruta de 130,5 metros.
- I. Tanque de oscilación:** El tanque de oscilación es de tipo superficial, tiene 11 m de diámetro y 48 m de altura. Para su construcción se utilizaron 230 toneladas de acero.
- J. Casa de máquinas:** De tipo superficial, sus dimensiones son: 20 metros de ancho, 50 metros de largo y 20 metros de alto. Se localiza junto a la quebrada Picueca. Alberga dos turbinas Francis de eje vertical, con capacidad para generar 18,9 MW,

cada una de ellas. Son impulsadas por un caudal de diseño de 33 m<sup>3</sup>/s. El nivel de elevación de la línea central de la turbina se encuentra a los 171,5 metros sobre el nivel del mar. Estas turbinas se acoplan a dos generadores individuales marca Elin con capacidad de 22.200 kVA y un factor de potencia de 0,85 para una producción de 18.870 kW por unidad y de 37.740 kW en total.

**K. Canal de restitución:** Las aguas se restituyen al río Peñas Blancas, por medio de la cámara de restitución, en casa de máquinas mediante un canal de 2.140 m de longitud. De esa cifra 250 m corresponden a una excavación en trinchera, mediante taludes revestidos de concreto lanzado y el piso con colchonetas de gavión, los restantes 1.890 m están construidos en forma trapecial y poseen los mismos revestimientos.

**E. Patio de interruptores y la subestación:** La subestación, está compuesta por cuatro secciones mediante líneas de 230 kV: una se utiliza para recibir la generación de la planta. Las otras tres alimentan los sistemas de transmisión de La Garita, Arenal y Ciudad Quesada. De esta manera se inyecta la energía generada al Sistema Nacional Interconectado.

Cuenta con una sección de reserva de 34,5 kV y una de transformación de 230 kV, un transformador reductor de 30/45 MVA 230/24,9/13,8 kV, su respectiva sección de transformación, una de reserva y tres de línea para operar a 24,9 kV, una de éstas últimas para el servicio propio de la planta.

Las obras de transmisión constan de dos tramos de líneas de 230 kV, uno en doble circuito y doble conductor por fase para derivar la línea de transmisión alterna, la cual queda ubicada a unos 485 metros de la subestación, y un tramo en torres de un circuito desde la casa de máquinas a la subestación de aproximadamente 1000 metros.

## **CENTRO DE GENERACIÓN MIRAVALLS** **(Miravalles I, Miravalles II, Boca de Pozo, Miravalles III y Miravalles V)**

Este complejo consiste en cinco plantas con una capacidad instalada total de 162.659,7 kW (kilovatios). El campo geotérmico está ubicado en las faldas del Volcán Miravalles, en La Fortuna de Bagaces, Guanacaste.

Entre la conclusión de una planta y otra, se colocaron dos pequeñas plantas a boca de pozo de 5 MW cada una, para aprovechar el vapor de los nuevos pozos destinados a la planta en construcción. Éstas fueron alquiladas a la Comisión Federal de Electricidad de México

(CFE y el ICE), estuvieron generando entre 1996 y 1999 y se alimentaban de los pozos ya perforados que iban a ser utilizados para la Unidad 2. El convenio establecía que el ICE le vendería el fluido geotérmico a la CFE, para que ellos generaran la electricidad, la cual a su vez se la revenderían al ICE. Una de las unidades operó con el pozo PGM-45 desde el 5 de setiembre de 1996 hasta el 19 de enero de 1999 y la otra con el pozo PGM-29 desde el 26 de enero de 1997 hasta el 20 de abril de 1998. En la Figura 7 se muestra la ubicación que tuvieron esas plantas.

En el campo geotérmico Miravalles hacia finales de 1999, se habían perforado 51 pozos geotérmicos (producción, reinyección y observación), con profundidades que van desde los 853 metros hasta los 3.200 metros de profundidad, un ancho que comienza con 26 pulgadas en la superficie y disminuye a 10,5 u 8,5 pulgadas, y un costo promedio de un millón de dólares por cada uno. En el Cuadro 1 se muestran algunas características de varios de estos pozos:

#### CUADRO 1

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS GEOTÉRMICOS

Pozo	Elevación m.s.n.m	Profundidad M	Nivel Hidráulico M	Máxima Temperatura °C	Potencia MW
PGM-01	667	1300	374	239 D	7
PGM-02	739	2000	377	229 E	Reinyector
PGM-03	605	1162	326	240 E	8
PGM-04	436	2185	240	170 E	Reinyector
PGM-05	586	1854	238	237 D	5
PGM-10	653	1804	297	236 D	3
PGM-11	719	1454	362	244 D	5
PGM-15	559	3022	310	247 E	Reinyector
PGM-29	473	1388	155	230 D	15
PGM-45	593	959	300	240 D	15
PGM-46	584	1198	261	235 D	15
PGM-49	535	1309	209	232 D	10

D = indica que la medida de la temperatura se obtuvo en condiciones dinámicas (pozo produciendo)

E = indica que la medida de la temperatura se obtuvo en condiciones estáticas (pozo cerrado)

m.s.n.m = metros sobre el nivel del mar

MW = Megavatios

M = metros

°C = grados centígrados

El yacimiento este se encuentra dentro de una zona que incluye áreas aledañas a los volcanes Miravalles, Rincón de la Vieja y Tenorio en la Cordillera Volcánica de Guanacaste, con un diámetro de unos 15 km, denominado Caldera de Guayabo, cuya edad ha sido calculada en 500.000 años. El flujo del agua va de nor-noreste a suroeste y tiene una temperatura que varía entre 260° C al norte y 230° C al sur.

En el campo se encuentran las tuberías de aproximadamente 25 km de longitud, con un diámetro que va de los 12 pulgadas a 42 pulgadas. Son especialmente diseñadas para que las velocidades de los flujos, no causen problemas. Debido a la variedad de la expansión térmica de éstos, las tuberías van ancladas con estructuras de concreto y metal, además no van en forma de línea recta, sino de zigzag, para poder darles flexibilidad y se puedan acomodar por sí solas, a la hora de amortiguar las cargas de expansión térmica. Para provocar la menor pérdida de calor del fluido, las tuberías son forradas con aislante de fibra sintética. Este aislante para la tubería de flujo bifásico, es de un espesor de 1 ½ pulgadas y para la tubería de vapor es de 3 pulgadas.

Tanto las características físicas (nivel hidráulico, temperatura) como las características químicas (PH, Sodio, Cloruros, Sílice, etc.) de los pozos, corresponden a condiciones normales y propias de un ambiente geotérmico.

En la Tabla No. 1 se indica la forma en que se ha incrementado la capacidad instalada y en cuánto más se ha planeado incrementarla en el futuro. En esta misma tabla se indica el nombre de la unidad, la fecha de inicio de generación, la fecha de terminación de generación, la potencia y a qué institución pertenece la unidad.

Tabla No. 1

Nombre de la Unidad	Fecha de inicio de generación	Fecha de final de generación	Potencia (MW)	Pertenece a
Unidad I	02/3/1994	--	55.0	ICE
UBP-1	10/11/1995	--	5.0	ICE
UBP-2	05/09/1996	19/01/1999	5.0	CFE
UBP-3	26/01/1997	20/04/1998	5.0	CFE
Unidad II	13/08/1998	--	55.0	ICE
Unidad III	3/2000	--	27.5	BOT
Unidad V	6/2003		10.0 – 20.0	ICE

Notas:

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

CFE: Comisión Federal de Electricidad (México)

UBP: Unidad de Boca de Pozo

## MIRAVALLS I

Inaugurada el 25 de marzo de 1994, la Unidad I es la primera planta de este tipo que el Instituto Costarricense de Electricidad haya instalado. Ésta tiene una capacidad de generación de 55 MW (megavatios), sin embargo, su diseño le permite trabajar con una sobrecarga, por lo que la generación real es de 60 MW.

- A- Pozos de producción:** Son 11 pozos, productores con una presión promedio de 14 bar, para producir 420 toneladas de vapor por hora, a una temperatura que va de los 160°C a 235°C. Estos pozos penetran el yacimiento a una profundidad que va de los 680 m hasta los 1.900 m, a partir de el nivel del terreno. Estos pozos están agrupados en 3 unidades de separación ciclónica, están unidos por medio de tuberías de acero de 14" y otras de 16". El fluido producido contiene un peso de aproximadamente un 16% de vapor y el 84 % de agua líquida. En la Figura 5 se muestran los pozos productores (color rojo) integrados al sistema de trasiego de fluidos, así como los pozos reinyectores (color azul) necesarios para operar la Unidad N°1
- B- Separador ciclónico (estación de separación o satélites):** Está dividido en tres unidades de 50 kg/s cada uno. La N°1 recibe la mezcla de líquido - vapor de 5 pozos, mientras las unidades N°2 y N°3 la reciben de 3 pozos cada una. De estos separadores se obtiene por una línea el vapor, con un 99,8% de calidad y a 8 bar de presión, que va a casa de máquinas a producir la electricidad y por la otra tubería discurre el agua líquida a una temperatura aproximada de 160°C, hasta los pozos de reinyección.
- F- Casa de máquinas:** Consta de una unidad generadora, la cual fue diseñada para producir 55.080 kW, pero por sus características puede trabajar con una sobrecarga y se encuentra generando 60 MW. La turbina es de la marca Toshiba. Trabaja a una presión de 6,0 , con una temperatura del vapor de 158,0 °C y a una velocidad de 3.600 r.p.m.. El generador de la misma marca tiene un factor de potencia de 0,9 y con 61.200 kVA. Esta unidad generadora requiere de 420 toneladas de vapor por hora para su funcionamiento normal. Esta unidad entró en operación el 2 de marzo de 1994.
- G- Torres de enfriamiento:** Es un edificio, con una estructura principal de concreto armado. Tiene una armazón interna, llamada el panal, que consta de varias celdas de fibra de vidrio, que distribuyen el agua caliente que les llega de la casa de máquinas, aumentando su superficie, para crear una mayor transferencia de calor del agua hacia el aire forzado, al caer por gravedad. El aire forzado es provocado por cinco grandes ventiladores, colocados en la parte superior del edificio.
- H- Pozos de reinyección:** Existen 5 pozos, para devolver al yacimiento las aguas residuales y evitar daños al medio ambiente. Uno de ellos recibe las aguas del satélite N°2, otro recibe las aguas del satélite N°3 y tres pozos reciben las aguas del satélite N°1. El restante se utiliza para las aguas que se generan en la superficie, cuando por alguna razón no se las puede utilizar para reinyectar en los pozos referidos anteriormente, logrando así una reinyección en frío de las aguas provenientes de las lagunas. Estos pozos tienen una profundidad que va desde los 1.600 m a los 2.300 m sobre el nivel de la superficie.

- I- Lagunas:** Son 3 lagunas utilizadas para el sistema de reinyección en frío. Se encuentran a diferentes elevaciones, de forma tal que cuando una se llena, el agua se empieza a verter, pasando a la laguna siguiente, cuando ésta se llena el flujo sigue hacia la tercera laguna, que es la que está a un nivel más bajo y, finalmente las aguas van al pozo de reinyección en frío.

## PLANTA MIRAVALLS II

En agosto de 1998 se incorporó al Sistema Nacional Interconectado la Unidad 2, también de 55 MW (megavatios), pero no fue sino hasta el 1999 que se inauguró oficialmente. Al igual que la 1, es capaz de producir 60 MW (megavatios) cuando trabaja con sobrecarga. Con la entrada en operación de esta unidad para el 1998, la producción de la energía geotérmica se incrementó en un 8 %, porcentaje que se mantuvo entre un 8,8 % y 10,5 % durante los años 1999 y 2000; a la vez, con su incorporación, se dió por concluido el convenio entre el ICE y la Comisión Federal de Electricidad de México.

La construcción de la Unidad II, se diseñó para estar ésta interconectada con la Unidad I, es decir, que el vapor utilizado por ambas unidades llega a selectores independientes que a la vez están conectados entre sí.

La segunda etapa del campo Miravalles se planteó siguiendo básicamente los mismos lineamientos de la primera. Es decir, una vez identificada la zona de producción y reinyección, se le asignaron los pozos correspondientes. Para obtener la generación de las unidades 1 y 2 se cuenta con 16 pozos productores y 10 pozos reinyectores.

En esta nueva etapa, se aprovechó la ocasión para optimizar el sistema de reinyección del líquido geotérmico producido por ambas unidades. El líquido a reinyectar se transporta hacia la zona sur del campo, utilizando tres tuberías principales, denominadas también “colectores de reinyección”. Para que el funcionamiento del sistema de reinyección fuera óptimo, se previó la incorporación de los fluidos a reinyectar, provenientes de la Unidad 3. En la Figura 10 se muestra la ubicación de los pozos de reinyección para las unidades 1, 2 y 3.

- A- Pozos de producción:** Además de los 11 pozos utilizados ya por la Unidad 1, fueron necesarios 5 pozos productores adicionales, con las mismas características de los primeros. En la Figura 8 se muestran los pozos productores (color rojo) asignados para esta nueva etapa, así como los pozos reinyectores (color azul).
- B- Separador ciclónico (estación de separación o satélites):** En esta ocasión también se utilizaron tres estaciones separadoras (Satélites 4, 5 y 6, ver Figura 9), las cuales se alimentan por dos o tres pozos geotérmicos.
- C- Casa de máquinas:** Consta de una unidad generadora la cual fue diseñada para producir 550,80 kW, pero por sus características puede trabajar con una sobrecarga y actualmente se encuentra generando 60 MW. La turbina es de la marca **¿?**. Trabaja a una presión de 6,0 con una temperatura del vapor de 158,0 °C y a una

velocidad de 3.600 r.p.m.. El generador de la misma marca tiene un factor de potencia de 0,9 y con 61.200 kVA. Esta unidad generadora requiere de 420 toneladas de vapor por hora para su funcionamiento normal.

- G- Torres de enfriamiento:** Es un edificio de concreto armado. Tiene una estructura interna, llamada el panel, que consta de varias celdas de fibra de vidrio, que distribuyen el agua caliente que les llega de la casa de máquinas, aumentando su superficie, para crear una mayor transferencia de calor del agua hacia el aire forzado, al caer por gravedad. El aire forzado es provocado por cinco grandes ventiladores, colocados en la parte superior del edificio.
- H- Pozos de reinyección:** Se agregaron 6 pozos a los ya existentes de la Unidad N° 1. Con las mismas especificaciones de la Unidad N° 1

### **PLANTA MIRAVALLS III (BOT)**

Inaugurada en el 2000, la Unidad III, tiene una capacidad instalada de 27,5 MW (megavatios), que produce como promedio anual 230 GWh, lo que representa el poder de alimentar aproximadamente 3900 viviendas. Es una unidad de un solo “flasheo”, con una presión de entrada del vapor de 6 bar. Ésta se ubica en la zona noreste del campo. En la Figura 11 se puede observar la localización de la tercera planta junto con las otras dos con sus correspondientes pozos.

Para la tercera planta se construyó una nueva unidad de separación (Satélite 7, ver Figura 12). La estación separadora No.7 se alimenta en la actualidad por 4 pozos productores. No fue necesario perforar más pozos de reinyección pues se disponía de capacidad de aceptación en los pozos reinyectores utilizados para las unidades 1 y 2.

La construcción y la operación de la Unidad 3 fue licitada públicamente en un esquema “B.O.T” (“*Build, Operate and Transfer*”: Construir, Operar y Transferir). Geoenergía de Guanacaste fue la compañía que ganó la adjudicación del contrato, en el cual se establece que la tercera unidad será transferida al ICE en el año 2015; es decir, habiéndola operado Geoenergía de Guanacaste durante 15 años. Es la primera planta desarrollada por medio del segundo capítulo de la Ley 7200.

### **PROYECTO MIRAVALLS V**

El proyecto está ubicado en Bagaces, Guanacaste. Es la quinta etapa de la serie de proyectos Miravalles que explotan el campo geotérmico y consiste en aprovechar de la energía térmica residual de las salmueras de los satélites 3,4,5 y 6 del campo geotérmico de Miravalles. El objetivo general del proyecto es aportar 20 MW al Sistema Nacional Interconectado.

El proyecto se financió con los fondos locales en materiales y construcción y con los aportes del BID para la licitación de los equipos electromecánicos.

# CENTRO DE GENERACIÓN COSABA

(Colima, San Antonio y Barranca)

## PLANTA COLIMA

En el 1954 el país sufrió una severa sequía. El caudal de los ríos aprovechados para la generación eléctrica disminuyó alarmantemente, lo cual vino a agudizar aún más la crisis energética que venía padeciendo el país desde hacía varios años, heredada del control transnacional de esa industria.

Partiendo de la situación reseñada se tuvo la necesidad de construir una planta de emergencia que mitigara el faltante energético de esos años. Fiel a los mandatos de la Ley Constitutiva, se hizo frente a un nuevo reto que no estaba previsto en sus planes de desarrollo: construir una planta térmica.

Colima fue la primera obra de importancia que construyó el ICE, con el gran mérito de haberla concluido en el tiempo récord de un año, sin tener la institución experiencia previa en la instalación de este tipo de plantas. El costo aproximado se estima en 13 millones de colones y fue inaugurada en el 1956. Su potencia inicial era de 11.800 KW. En la actualidad produce 19.540 KW.

- A- Ubicación:** Cantón 13° Tibás, distrito 2° Cinco Esquinas, de la provincia de San José.
- B- Tanques de combustible:** Consta de cinco tanques de combustible, enumerados del 1 al 5; en donde, los del 1 al 4, tienen una capacidad de 599.544 litros y el número 5 una capacidad de 3.672.554 litros. El combustible que almacena es Bunker.
- C- Casa de máquinas:** La planta cuenta con seis unidades generadoras, que producen en total 19.540 KW, con las siguientes características:

Placa de motor						
UNIDAD	1 - Pistón	2 - Pistón	3 - Pistón	4 - Pistón	5 - Pistón	6 - Pistón
<b>FECHA</b>	16 abril 1956	16 abril 1956	12 julio 1956	12 julio 1956	5 junio 1956	25 set. 1962
<b>MARCA</b>	Nordberg	Nordberg	Nordber	Nordberg	Sulzer	Sulzer
<b>SERIE</b>	2012-0964	2012-0965	2012-0966	2012-0967	50726-37	50738-49
<b>MODELO</b>	TS-219-31	TS-219-31	TS-219-31	TS-219-31	12-TAF-48	12-TAF-48
<b>CILINDROS</b>	9	9	9	9	12	12
<b>R.P.M.</b>	240	240	240	240	254	254
<b>C.V.</b>	4.600	4.600	4.600	4.600	5.420	5.420
<b>K.W.</b>	3.265	3.265	3.265	3.265	4.010	4.010
<b>Diámetro P.</b>	54,6 cm	54,6 cm	54,6 cm	54,6 cm	48 cm	48 cm
Placa del generador						
UNIDAD	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
<b>MARCA</b>	Westhing	Westhing	Westhing	Westhing	Electric	Electric

	House	House	House	House	Machinery	Machinery
<b>SERIE</b>	2554P805	1554P805	4S54P805	3S54P805	1R107711	2R107711
<b>MODELO</b>	ES 1352	ES 1352	ES 1352	ES 1352	C - PED	C - PED
<b>FASES</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Hz</b>	60 ciclos					
<b>CONEXIÓN</b>	Estrella Aterrizada	Estrella Aterrizada	Estrella Aterrizada	Estrella Aterrizada	Estrella Aterrizada	Estrella Aterrizada
<b>V. OPERAC.</b>	4.160	4.160	4.160	4.160	4.160	4.160
<b>V. PLACA</b>	2.400/4.160	2.400/4.160	2.400/4.160	2.400/4.160	694	4.160
<b>AMPERES</b>	894/565	894/565	894/565	894/565	4.787,5	694
<b>KVA</b>	3.712,5	3.712,5	3.712,5	3.712,5	4.787,5	4.787,5
<b>F.P.</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>K.W.</b>	2.970	2.970	2.970	2.970	3.830	3.830

## PLANTA SAN ANTONIO

La planta térmica de San Antonio constaba de dos etapas (San Antonio I y II). Fue inaugurada en el 1954. Hasta julio del 1973 perteneció a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, fecha en la que el ICE la compró.

- A- Ubicación:** Cantón 1º central, distrito 7º Uruca, de la provincia de San José. En la hacienda La Caja.
- B- Tanques de combustible:** Consta de 4 tanques de combustible, numerados del 1 al 4.
- C- Casa de máquinas:** La planta cuenta con dos unidades generadoras, que producen en total 44.229,2 KW, con 27.687 kVA y un factor de potencia de 0,8 cada una. La primera unidad se inauguró el 22 de abril de 1973 y la dos el 9 del mismo mes y año.

## PLANTA BARRANCA

Esta planta comenzó a funcionar en enero del 1974. Es la única planta térmica manejada por un personal de operación de 17 personas, incluyendo la jefatura y los misceláneos.

- A- Ubicación:** Cantón 1º central, distrito 8º Barranca, de la provincia de Puntarenas.
- B- Tanques de combustible:** Son 3 tanques de combustible, enumerados del 1 al 3, de los cuales el 1 y 2 almacenan 1.000.000 de galones de diesel cada uno, y el N° 3, 2.000.000 de galones. Actualmente el combustible es recibido por medio del

<sup>1</sup> La información de la Planta Colima, fue toma de los documentos “Plantas Térmicas” y “Características de las Plantas Hidroeléctricas y Térmicas en Servicio”, además de la ayuda del personal de la planta.

oleoducto de RECOPE. (Antes se recibía por medio de camiones cisternas.) Se cuenta con un sistema de medición y control de combustible, totalmente automático y actualizado. También se tiene la capacidad de poder trasegar diesel de los tanques al plantel de RECOPE en Barranca.

- C- Laguna de oxidación:** La planta tiene una laguna de oxidación, donde son tratados todos los aceites y residuos de diesel, evitando contaminar el ambiente.
- D- Centrífuga de combustible:** Ésta es la encargada de purificar el diesel que está siendo consumido por las unidades generadoras, con el fin de dar un mayor rendimiento en la generación.
- E- Casa de máquinas:** La planta, cuenta con dos unidades generadoras, que producen en total 41.600 kW (limitadas por la capacidad de las turbinas) con las siguientes características:

Placa de la turbina		
UNIDAD	1 - GAS	2 - GAS
FECHA	8 marzo 1974	24 enero 1974
MARCA	General Electric	General Electric
SERIE	226.268	226.267
MODELO	PG 5341	PG 5341
ETAPAS	2	2
R.P.M.	5.100	5.100
C.V.	28.282	28.282
KW	20.800	20.800

Placa del generador		
UNIDAD	1 - GAS	2 - GAS
MARCA	General Electric	General Electric
SERIE	161 x 882	161 x 886
MODELO	ATB 2	ATB 2
FASES	3	3
FRECUENCIA	60 ciclos	60 ciclos
CONEXIÓN	Estrella Aterrizada	Estrella Aterrizada
V. OPERACIÓN	13.800	13.800
V. PLACA	13.800	13.800
AMPERES	1.238	1.238
KVA	29.600	29.600
F.P.	0.90	0.90
KW	26.640	26.640

2

## CENTRO DE GENERACIÓN MOÍN

(Moín Pistón y Moín Gas)

<sup>2</sup> La información de la Planta Barranca, fue toma de los documentos “Plantas Térmicas” y “Características de las Plantas Hidroeléctricas y Térmicas en Servicio”, además de la ayuda del personal de la planta.

## **PLANTA MOÍN**

La crisis energética a principios de los años setenta, el atraso en la entrega de la Planta Arenal, el envejecimiento de las unidades de la Planta Térmica Rincón más el crecimiento de la demanda de Limón, fueron factores que contribuyen al nacimiento del proyecto Planta Térmica Moín. Amparado en la licitación pública No. 2820 este proyecto se hizo realidad. La capacidad instalada fue de 32 MW, con una subestación reductora y elevadora anexa, en cuya instalación original había un transformador de potencia de 30/40 MVA.

La aceptación preliminar de la unidad No. 2, el 4 de marzo de 1977, marcó el inicio de la generación comercial de ésta planta. Ese mismo mes entró en operación la unidad No. 4 , en abril la No. 3 y finalmente, en agosto del mismo año, la No. 1.

La ampliación de la planta, fue concebida a partir del verano de 1991, a fin de satisfacer los incrementos de la demanda eléctrica del país. Además, era necesario contar con una capacidad de reserva en los sistemas eléctricos, para hacer frente a las emergencias ocasionadas por problemas e imprevistos de las otras plantas generadoras y a la ocurrencia de años muy secos, en los que baja la generación eléctrica. Los estudios técnicos y económicos demostraron que el tipo de planta más adecuado para este tipo de servicios era el de turbinas de gas.

Este centro de generación fue conectado al Sistema Nacional por medio de dos líneas de transmisión de 138 KV, que terminan en la Subestación Cachí, las cuales comenzaron a funcionar en 1975. El transformador de la distribución de 34,5 KV estuvo originalmente fuera de la Subestación. Posteriormente ésta última fue sufriendo los cambios necesarios hasta que quedaran incorporados los circuitos de distribución, que para entonces eran 3 y hoy son 7. Por la ubicación de la planta en uno de los extremos del Sistema Nacional Interconectado, es considerada como un centro de producción estratégico para el país.

Los primeros operadores fueron escogidos por medio de un cuidadoso proceso de selección, en el cual participaron 84 candidatos, quedando un grupo final de 12, quienes fueron capacitados en la planta - escuela del Instituto Nacional de Aprendizaje, desde el 16 de agosto, al 26 de noviembre de 1976. Este personal fue nombrado e incorporado a la construcción de la obra, a partir del 1 de diciembre del mismo año.

La planta fungió en forma continúa desde su inauguración hasta principios del año 1980, cuando entró en receso por el inicio de la operación de la Planta Arenal. La Planta Térmica Moín es hoy la más grande del sistema y tanto las unidades a pistón, como a gas, son cada una en su género las de mayor eficiencia. Su capacidad de generación le permite trabajar en forma aislada para la provincia de Limón y parte de Cartago. Razón que la hace de vital importancia en la reivindicación del Sistema después de una caída total.

### **Obras compartidas:**

- A- **Ubicación:** Sandoval distrito Limón del cantón Central de la provincia de Limón, a una distancia de aproximadamente 10 km de la ciudad de Limón, sobre la carretera principal.
- B- **Tanques de combustible:** Consta de cinco tanques de acero de 28 m de diámetro y 10 m de alto con una capacidad de almacenamiento de 5 millones de litros cada uno.
- C- **Subestación elevadora:** Consiste en tres secciones de línea a 138 KV y cuatro transformadores de potencia de 30/43 MVA para elevar el voltaje de 13,8 a 138 KV. La subestación está conectada a otra existente en el sitio, la cual, a su vez, se enlaza con el Sistema Nacional Interconectado a través de la línea de transmisión Cachí - Moín. Con la planta Moín III se construyó una nueva subestación, donde la energía sale a través de una línea de doble circuito a Río Macho en 230 KV.

### Moín I (pistón)

Su construcción inicia en 1975 y concluye entre los meses de febrero y abril de 1977, espacio de tiempo en el cual entran en operación sus cuatro unidades.

- **Casa de máquinas:** La casa de máquinas consiste en un edificio de estructuras metálicas de aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup> de área, que alberga cuatro unidades generadoras con motores de combustión interna tipo diesel de mediana velocidad y generadores Nishishiba con capacidad de 8 000 KW cada una, para un total instalado de 32 000 kW. Las cuatro unidades, consumen un 95 % Bunker y un 5 % diesel.

<b>PLACA DEL MOTOR</b>				
<b>UNIDAD</b>	<b>1PISTON</b>	<b>2PISTON</b>	<b>3PISTON</b>	<b>4PISTON</b>
<b>FECHA</b>	19 feb 1977	26 feb 1977	22 mar1977	29 abr.1977
<b>MARCA</b>	Ishkawajima Ihipielstick	Ishkawajima Ihipielstick	Ishkawajima Ihipielstick	Ishkawajima Ihipielstick
<b>SERIE</b>	1D-1481-1	1D-1481-2	1D-1481-3	1D-1481-4
<b>MODELO</b>	18 PC2-5V	18 PC2-5V	18 PC2-5V	18 PC2-5V
<b>COMPR.</b>	-	-	-	-
<b>CILINDR.</b>	18	18	18	18
<b>R.P.M.</b>	514	514	514	514
<b>C.V.</b>	11.250	11.250	11.250	11.250
<b>K.W.</b>	8.000	8.000	8.000	8.000

<b>PALACA DEL GENERADOR</b>				
<b>UNIDAD</b>	<b>1PISTON</b>	<b>2PISTON</b>	<b>3PISTON</b>	<b>4PISTON</b>
<b>MARCA</b>	Nishishiba	Nishishiba	Nishishiba	Nishishiba

<b>SERIE</b>	850075AI-1	850075AI-2	850075AI-3	850075AI-4
<b>MODEL.</b>	NTAKL	NTAKL	NTAKL	NTAKL
<b>FASES</b>	3	3	3	3
<b>Hz</b>	60 ciclos	60 ciclos	60 ciclos	60 ciclos
<b>CONEX.</b>	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella
<b>V. OPER.</b>	13.800	13.800	13.800	13.800
<b>V.PLACA</b>	13.800	13.800	13.800	13.800
<b>AMPERS</b>	419	419	419	419
<b>KVA</b>	10.000	10.000	10.000	10.000
<b>F.P.</b>	0.80	0.80	0.80	0.80
<b>KW</b>	8.000	8.000	8.000	8.000

3

## Moín II (gas)

Fue creada para aumentar la capacidad instalada a fin de satisfacer los incrementos de la demanda eléctrica del país y poder contar con una reserva en los sistemas eléctricos que permitiera hacer frente a las emergencias.

- **Casa de máquinas:** La casa de máquinas es un edificio de estructuras metálicas, que alberga cuatro unidades generadoras. Las tres primeras unidades generan 36.100 KW, mientras que la cuarta unidad tiene un generador de 48.150 KW, sin embargo por ser menor la capacidad de su turbina, 34 651 KW es la potencia que puede desarrollar la unidad. En total las 4 unidades suman una potencia nominal de 142 951 KW. Todas son de turbinas de gas, alimentadas con combustible diesel.

<b>PLACA DEL MOTOR</b>				
<b>UNIDAD</b>	<b>5-GAS</b>	<b>6-GAS</b>	<b>7-GAS</b>	<b>8-GAS</b>
<b>FECHA</b>	20 feb.1991	11 mar.1991	22 mar.1991	27 oct. 1995
<b>MARCA</b>	Hitachi	Hitachi	Hitachi	Schenectady Greenville
<b>SERIE</b>	967311	967291	967351	296728
<b>MODELO</b>	P.G. 6541	P.G.6541	P.G.6541	ALT-4M
<b>COMPR.</b>	17 etapas	17 etapas	17 etapas	17 etapas
<b>CILINDR.</b>	-	-	-	-
<b>R.P.M.</b>	5.100	5.100	5.100	5.100

<sup>3</sup> La información de la Planta Moín, fue toma de los documentos “Plantas Térmicas” y “Características de las Plantas Hidroeléctricas y Térmicas en Servicio”, además de la ayuda del personal de la planta y del señor Federico García.

<b>C.V.</b>	48.991	48.991	48.991	51.000
<b>K.W.</b>	36.030	36.030	36.030	37.500
<b>PALACA DEL GENERADOR</b>				
<b>UNIDAD</b>	<b>5-GAS</b>	<b>6-GAS</b>	<b>7-GAS</b>	<b>8-GAS</b>
<b>MARCA</b>	Hitachi	Hitachi	Hitachi	General Electric.
<b>SERIE</b>	588.967-1	588.967-2	588.967-3	466 x 013
<b>MODEL.</b>	E.F.L.	E.F.L.	E.F.L.	6 A 3
<b>FASES</b>	3	3	3	3
<b>Hz</b>	60 ciclos	60 ciclos	60 ciclos	60 ciclos
<b>CONEX.</b>	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella
<b>V. OPER.</b>	13.800	13.800	13.800	13.800
<b>V.PLACA</b>	13.800	13.800	13.800	13.800
<b>AMPERS</b>	1.590	1.590	1.590	876
<b>KVA</b>	38.000	38.000	38.000	53.500
<b>F.P.</b>	0.95	0.95	0.95	0.90
<b>KW</b>	36.100	36.100	36.100	48.150

## PLANTAS SOLARES

### (Proyecto de la UEN de Servicio al Cliente)

Este sistema viene a ser la respuesta a las necesidades de las zona rurales, que se encuentran muy lejos de las líneas de transmisión y distribución. Después de un profundo estudio que realizara la empresa Electrowatt Ingenieros Consultores de Zurich - Suiza para el ICE, denominado Fuentes de Energía no Convencionales, se concluyó que el potencial bruto de energía solar en Costa Rica es muy grande y que las zonas altamente pobladas se encuentran en áreas de gran insolación (ver Anexo 7).

### PLANTA DE LOS PALENQUES INDÍGENAS

- A- Ubicación:** Los primeros sistemas fotovoltaicos se instalaron en sendos palenques indígenas en la Reserva del Pacuare, cantón de Siquirres, provincia de Limón.
- B- Usuarios:** Núcleos familiares, constituidos por abuelas, madres, hijos y nietos. Las primeras son quienes desempeñan la tarea de jefes de familia.
- C- Equipo:** Tiene 4 celdas solares. La capacidad máxima de cada una es de 33 watts. Inicialmente, el equipo contó con un convertidor de 12 voltios (corriente directa) a

110 voltios (corriente alterna), sin embargo, debido a fallas técnicas en el mismo se eliminó y las celdas funcionan a 12 voltios cada una. El diseño del sistema, se limitó a cubrir las necesidades prioritarias. Suministra energía para el funcionamiento de 3 fluorescentes de 20 watts cada uno y un tomacorriente para el uso de una radio.

El sistema instalado en el segundo palenque, corresponde a una planta donada por CONDUMEX. Para su instalación se contó con el aporte técnico de la compañía CONDUCEN, representante de CONDUMEX. El equipo utiliza una celda solar, cuya capacidad máxima es de 47 watts. Funciona a 12 voltios y alimenta tres fluorescentes; 1 de 20 watts y 2 de 9 watts cada uno. Además, una radio que funciona con 12 voltios. Para los trabajos de instalación de ambos sistemas, se contó con personal de la institución perteneciente a la Oficina de Geofísica.

## **PLANTA PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO**

- A- Ubicación:** De acuerdo con el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, es la única isla oceánica tropical húmeda de todo el Pacífico Oriental. El punto continental más cercano es Cabo Blanco, en la Península de Nicoya, a 494 km de distancia. Su área aproximada es de 24 km<sup>2</sup>. Hay ubicadas celdas solares en los albergues de la Bahía Wafer y en la Bahía Chattan.
- B- Usuarios:** La Isla del Coco se caracteriza por tener grandes atractivos y riquezas naturales. Por ésta razón, fue declarada Parque Nacional, mediante el Decreto Ejecutivo del 22 de junio de 1978, el cual fue ratificado por la ley No 6794 del 25 de agosto de 1982. Allí se encuentra un albergue para los funcionarios de la Dirección General de Parques Nacionales, del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, quienes deben realizar labores de vigilancia marítima y terrestre, mantenimiento de instalaciones y atención al público. Este lugar es visitado frecuentemente por turistas, principalmente científicos marinos. El albergue de Bahía Wafer contó con electricidad solar, desde mayo de 1992, mientras que el albergue de Bahía Chattan la obtuvo en julio de 1996.
- C- Equipo:** En la Bahía Wafer el sistema instalado es de 132 watts, con cuatro paneles para la alimentación del equipo facsímil. Posee un controlador de voltaje, de 12 voltios, 30 amperios. Un inversor de voltaje 12VCD/ 120 VAC para alimentar directamente el facsímil. En la Bahía Chattan consta de 3 pares de celdas que alimentan 10 fluorescentes de 12 voltios, éstos brindan iluminación en toda la parte interna del albergue.

## **PLANTA PARQUE NACIONAL CHIRRIPIÓ**

- A- Ubicación:** Se localiza en la Cordillera de Talamanca, provincia de Limón. Está en una zona donde convergen las provincias de San José, Cartago y Limón. El parque tiene como propósito fundamental la protección de sus recursos naturales. Allí se

haya la elevación más alta de Costa Rica, el cerro Chirripó con 3.820 m sobre el nivel del mar. La variedad de flora y fauna y sus condiciones topográficas convierten el lugar en un centro de interés turístico.

- B- Usuarios:** En el sitio conocido como Base Crestones, se ubica el refugio de los guardaparques. Estos funcionarios públicos deben realizar la labor de vigilancia, mantenimiento de senderos y atención al público. Para llegar al lugar, se requiere una caminata por la montaña de alrededor de 18 km. En el refugio se instaló el equipo de energía solar, lo que permitió el que, desde el mes de noviembre de 1993, éste disponga de electricidad. En el año de 1998, y ante la apertura de las nuevas instalaciones del parque se instaló un sistema fotovoltaico de mayor capacidad que el que existía desde 1993.
- C- Equipo:** El equipo consta de 10 paneles, 10 reguladores, 10 baterías de 105 amperios hora. La carga instalada consta de 40 lámparas fluorescentes compactas, un toma para el equipo de radiocomunicación y otro para un uso diverso como radio o televisor. Los paneles se ubicaron sobre estructuras metálicas.

## **PLANTA RESERVA INDÍGENA TAINÍ**

- A- Ubicación:** Esta reserva se ubica en el lugar conocido como Gavilán, distrito del Valle de la Estrella, cantón de Limón, provincia de Limón. Para llegar a la reserva, se debe pasar un puente colgante sobre el río La Estrella y caminar aproximadamente 2 km.
- B- Usuarios:** Las celdas se instalaron en un albergue de la Confraternidad Bethlemita, la cual desarrolla una importante labor con la población indígena de la zona. Realiza actividades educativas como manualidades y alfabetización. Este sitio se ha convertido en un centro de reuniones comunales de la población indígena. Desde mayo de 1994 disfrutan de electricidad mediante el empleo de celdas fotovoltaicas.
- C- Equipo:** El equipo consta de 6 paneles, 2 reguladores, 2 baterías de 200 amperios hora. La carga tiene 10 bombillos y 3 tomas polarizadas para usos diversos de bajo consumo como radio, televisor y radiocomunicación.

## **PLANTA PUNTA BURICA**

- A- Ubicación:** Este sitio pertenece al distrito de Pavón, cantón de Golfito, provincia de Puntarenas. Es una zona limítrofe con Panamá. Inclusive, durante la investigación para llegar hasta los alrededores de la planta, hubo que atravesar por el Puerto Armuelles, ubicado en este país.
- B- Usuarios:** El sistema se instaló en el puesto de salud, sitio al cual recurren todos los miembros de la comunidad y de los pueblos vecinos. La actividad ocupacional generalizada es la agropecuaria. Algunos de los habitantes de Burica provienen de Panamá y por lo general en el comercio hay un predominio de la moneda extranjera. Allí no hay carreteras por lo cual sus moradores deben desplazarse caminando o a

caballo. Éstos prácticamente no tenían acceso a los medios de comunicación nacional, por lo que el ICE aprovechó el proyecto para instalar simultáneamente el servicio telefónico que también funciona con sistemas solar. La instalación se efectuó en diciembre de 1995.

- C- Equipo:** Consiste en 4 paneles que generan 134 watts, 2 reguladores conectados a 2 baterías de plomo ácido de 120 amperios hora y de 12 voltios cada una.

## **PLANTA ALTOS DE CONTE**

- A- Ubicación:** Pertenece a la provincia de Puntarenas, cantón de Golfito. Es una comunidad localizada en una extensión montañista. Para llegar es necesario caminar o transportarse a caballo por un lapso mínimo de 4 horas. Los caminos son extremadamente angostos y empinados. En algunas partes no están delimitados por lo que se hace necesarios bordear ríos y acantilados. A pesar de lo señalado, es un sitio de grandes bellezas naturales dentro de las cuales se incluyen áreas boscosas de gran atractivo.

- B- Usuarios:** Altos de Conte está habitada por indígenas Guaymíes que practican la agricultura de subsistencia. En este sitio el trabajo del ICE consistió en electrificar el puesto de salud e instalar servicio telefónico con sistemas fotovoltaicos. Esto se logró en diciembre de 1994.

**Equipo:** Consta de 4 paneles que generan 134 watts, 2 reguladores conectados a 2 baterías de plomo ácido de 120 amperios hora y de 12 voltios cada una.

## **Centro Ecológico El Páramo, Parque Nacional Chirripó.**

Se colocaron 10 sistemas fotovoltaicos de 75 W, con baterías de ciclo profundo de 115 A-h. Cada uno dispone de 4 fluorescentes compactos de 9 o 12 W. Esto significa que se instalaron 40 lámparas distribuidas en lugares prioritarios del refugio, cuya área de construcción se estima en 700 metros cuadrados.

La energía se está utilizando en iluminación y para alimentar una radiograbadora, televisor, equipo de radiocomunicación, proyector de diapositivas y una videocasetera. Igualmente fue instalado un teléfono celular fijo operado con sistemas solares.

## **Electrificación rural fotovoltaica en Dos Bocas de Aguirre.**

Del 11 al 20 de enero de 1999 se realizó la instalación de 35 sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Dos Bocas, San Miguel de Savegre y Tierras Morenas, ubicadas en el cantón de Aguirre, provincia de Puntarenas.

El objetivo del proyecto fue el suministrar a las personas interesadas, previo estudio socioeconómico, un sistema solar para solucionar las necesidades energéticas básicas.

Cada sistema consta de un panel fotovoltaico de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. Las familias pueden satisfacer sus necesidades básicas de electricidad, como iluminación y operación de radio y televisión.

El costo del proyecto asciende a una suma de ¢ 8 500 000 de los cuales ¢7 600 000 corresponde a los equipos instalados, que fueron adquiridos con fondos del préstamo BID-796, y ¢ 900 000 que incluyen materiales adicionales, transporte y viáticos.

### **Electrificación solar en las comunidades de Sepeque, Mojoncito, Oro Chico y Barrio Escalante, distrito Bratsi de Talamanca.**

El Instituto Costarricense de Electricidad, a través del Área de Conservación de Energía y la Sub-Región Talamanca de la UEN Servicio al Cliente desarrolló un proyecto de electrificación rural fotovoltaica en la comunidad de Sepeque, Talamanca.

El proyecto suministra a las familias interesadas, previo estudio socioeconómico, un sistema que satisface las necesidades básicas de electricidad, como lo son: la iluminación, la radio y un televisor. Es necesario agregar que ésta es la primera comunidad indígena costarricense en participar en un proyecto de esta naturaleza.

Las comunidades están muy bien organizadas en un Consejo de Vecinos y una Asociación de Banano Orgánico. Su principal fuente de ingresos es la agricultura y específicamente, el cultivo de banano y plátano orgánicos, productos que tienen muy buena aceptación en los mercados tanto nacionales como internacionales. La comunidad de Sepeque cuenta con dos escuelas y un centro de salud visitado mensualmente por un médico. La comunidad de Oro Chico cuenta con una escuela.

Los centros educativos se benefician con este servicio pues así tienen iluminación y la posibilidad de emplear televisores y videograbadoras para el uso didáctico que mejoran los procesos de enseñanza y aprendizaje. En el centro de salud se hace posible el almacenamiento de los medicamentos percederos, sueros y vacunas, al contar con energía para operar un refrigerador.

Este proyecto abarcó la instalación de 100 sistemas fotovoltaicos para solucionar los requerimientos energéticos de las familias, escuelas y del centro de salud de las comunidades de Sepeque1, Sepeque 2, Mojoncito, Oro Chico y Barrio Escalante. El proyecto tuvo una inversión de 30 millones de colones en la compra de equipos con fondos provenientes del préstamo BID-796.

Las familias pagan una mensualidad de ¢ 1000 por el uso del sistema.

### **Escuelas de las comunidades indígenas Jabuy, Calveri, Isla Coén, Boca Coén, Valle de la Estrella, Limón.**

En el mes de octubre de 1999 se concluyó la electrificación solar de las escuelas de Isla Coén, Boca Coén, Jabuy y Calveri del Valle de la Estrella, Limón. Estas comunidades pertenecen a la Reserva Indígena Tainí-Cabécar.

Cada sistema consta de tres paneles fotovoltaicos de 75W, tres baterías de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor de 1500 W que les permite operar televisor, videocasetera y un proyector de transparencias.

El costo de cada uno asciende a ¢ 1,5 millones.

### **Piedras Blancas de Río Nuevo de Pérez Zeledón.**

Del 5 al 10 de marzo del 2000 se instalaron 12 sistemas fotovoltaicos en la comunidad de Piedras Blancas de Río Nuevo de Pérez Zeledón entre el Área de Conservación de Energía y la Región Brunca San Isidro.

El proyecto tenía como objetivo el suministrar a las personas interesadas un sistema que remediara las necesidades energéticas básicas. Previamente se realizó un estudio socioeconómico de los futuros usuarios.

Cada sistema tiene un panel fotovoltaico de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. Con esto las familias pueden satisfacer sus necesidades básicas de electricidad, como la iluminación y tener la posibilidad del uso de la radio y de la televisión. Queda pendiente la instalación de un sistema para la escuela, lo cual se llevará a cabo en un tiempo próximo.

El costo del proyecto asciende a la suma de ¢ 5 045 157 de los cuales ¢ 3 894 365 corresponden al costo del equipo y ¢ 1 150 792 a otros gastos que incluyen viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos.

### **Telesecundaria de Changuena, Buenos Aires, Puntarenas.**

El 10 de marzo se concluyó la instalación del sistema solar en la Telesecundaria de Changuena en Buenos Aires de Puntarenas.

El sistema consta de tres paneles fotovoltaicos de 75W, tres baterías de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor de 1500 W. Permite operar televisor, videocasetera y proyector de transparencias o microcomputadora.

El costo fue de ¢ 1,5 millones.

## **Electrificación rural en la comunidad de La Potenciana de Turrubares.**

Se instalaron 22 sistemas fotovoltaicos en la comunidad de La Potenciana de Turrubares entre el Área de Conservación de Energía y la Región Central.

El objetivo del proyecto consistió en suministrar a los interesados, previo estudio socioeconómico, la satisfacción de sus necesidades energéticas básicas.

Cada sistema posee un panel de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. De esta manera las familias pueden obtener beneficios básicos como la iluminación, la operación de radio y televisión.

El el proyecto costó ¢ 8 184 000 de los cuales ¢ 6 820 000 corresponden al costo del equipo y ¢ 1 364 000 financiaron otros gastos que incluyen viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos.

## **Electrificación rural en la comunidad de Longomai.**

Se instalaron 5 sistemas fotovoltaicos en la comunidad de Longomai entre el Área de Conservación de Energía y la Región Brunca San Isidro.

El proyecto suministró a las personas interesadas, previo estudio socioeconómico, un sistema eléctrico para remediar las necesidades energéticas básicas.

Cada sistema tiene un panel fotovoltaico de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. El proyecto satisface la demanda de los servicios básicos de electricidad, como iluminación y operación de radio y televisión.

El proyecto se evalúa en ¢ 1 860 000, ¢ 1 550 000 de los cuales, corresponden a la compra del equipo y ¢ 310 000 cubren los viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos.

## **Electrificación rural en las comunidades de Asentamiento Santa María, Liberia y Cachito de Los Chiles; Región Chorotega**

Se instalaron 6 sistemas en cada una de las dichas comunidades entre el Área Conservación de Energía y la Región Chorotega.

El proyecto soluciona los requerimientos energéticos básicos de las familias interesadas, realizando previamente un estudio socioeconómico de las mismas.

Cada sistema abarca un panel fotovoltaico de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. Provee a las familias de iluminación y de la posibilidad de operación de radio y televisión.

El costo del proyecto fue de ¢ 4 464 000 de los cuales ¢ 3 720 000 corresponden al equipo y ¢ 774 000 a otros gastos: viáticos, salarios, transporte, combustible, imprevistos.

### **Electrificación del Albergue Las Pailas del Parque Nacional Rincón de la Vieja.**

El sistema solar en el Albergue las Pailas del Parque Nacional Rincón de la Vieja consta de dos paneles fotovoltaicos, baterías, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones.

El costo de este sistema es de ¢ 682000 de los cuales ¢ 620 000 cubren los gastos del equipo y ¢ 62 000 corresponden a los viáticos, salarios, transporte, combustibles e imprevistos.

### **Electrificación rural en las comunidades de Alto Guaymí, El Valle de Burica, La Peña y Punta Vanegas en Punta Burica.**

Se instalaron 135 sistemas fotovoltaicos entre el Área de Conservación de Energía y la Región Brunca Río Claro.

El proyecto suministró a las personas interesadas, previo estudio socioeconómico, un sistema energético para llenar las necesidades básicas.

Cada uno de los sistemas consta de un panel fotovoltaico de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. Con esto las familias pueden satisfacer sus necesidades de iluminación, radio y televisión.

El costo del proyecto fue de ¢ 34.782.000; los ¢ 31.620.000 abarcan el pago del equipo y los ¢ 3 162 000 restantes incluyen los viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos.

### **Electrificación en la Clínica de la Bahía Drake, Península de Osa.**

Cada sistema consta de siete paneles fotovoltaicos de 75W, tres baterías de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor de 1500 W que permite operar televisor, videocasetera, proyector de transparencias o microcomputadora y una refrigeradora para el almacenamiento de medicamentos perecederos.

El costo total es de **¢ 2.17** millones de los cuales **¢ 2.604** millones corresponden a la instalación del equipo y **¢ 434 000** corresponden a viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos. (revisar los números)

## **Electrificación solar de la Isla Caballo**

Se concluyó la instalación de los 42 sistemas solares fotovoltaicos residenciales en diciembre del 2000, sin embargo recientemente se han instalado 7 adicionales. El costo de esta obra fue de ¢10 millones de colones.

Cada sistema consta de siete paneles de 100 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor de 140 W que permite operar televisor, y radio.

El sistema de acueducto está siendo rediseñado y pronto se iniciará su construcción por parte de Acueductos y Alcantarillados.

Se cuenta además con 60 paneles fotovoltaicos que alimentan una máquina de producir hielo y tres paneles en cada una de las dos escuelas de Isla Caballo.

## **Telesecundaria de Savegre.**

El sistema consiste en tres paneles fotovoltaicos de 75W, tres baterías de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor de 1500 W que permite utilizar televisor, videocasetera y proyector de transparencias o microcomputadora.

## **Escuela de La Potenciana, Turrubares.**

Se concluyó la instalación del sistema solar en la Escuela primaria de La Potenciana, Turrubares, en el mes de octubre del 2001.

Consta de tres paneles fotovoltaicos de 75W, tres baterías de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor de 1500 W que permite operar televisor, videocasetera y proyector de transparencias o microcomputadora.

### **Instalaciones Área de Conservación Guanacaste.**

En el año de 2001 se instalaron sistemas fotovoltaicos en los diferentes puntos de control del Área de Conservación Guanacaste que no cuentan con acceso a la red de distribución. Un sistema consiste en un panel de 120 Wp, dos baterías de ciclo profundo, un convertidor de corriente directa en alterna y 10 lámparas fluorescentes compactas para la iluminación.

<b>Sector</b>	<b>Costo / miles de colones (¢)</b>
<b>Playa Naranjo</b>	1050
<b>Playa Nancite</b>	1050
<b>Reserva Nacional La Perla (Cañas Dulces)</b>	1050
<b>Playa Junquillal (Cuajiniquil)</b>	1050
<b>Reserva Góngora (Quebrada Grande)</b>	1050
<b>Isla San José</b>	1050
<b>El Cacao 1</b>	1050
<b>Pitilla</b>	1050
<b>Rincón de la Vieja</b>	1050
<b>El Cacao 2</b>	1050
<b>Total</b>	10500

### **Electrificación rural en las comunidades de Alto Guaymí, El Valle de Burica, a Peña y Punta Vanegas en Punta Burica.**

Se instalaron 135 sistemas fotovoltaicos en dichas comunidades entre el Área Conservación de Energía y la Región Brunca Río Claro.

El objetivo del proyecto fue dotar a las personas interesadas, previo estudio socioeconómico, de un sistema para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

A cada uno de los sistemas lo componen: un panel fotovoltaico de 75 W, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un transformador de corriente directa, un inversor, fusibles, disyuntores termomagnéticos, varilla puesta a tierra, cables y conexiones. Provee de las necesidades básicas de electricidad: iluminación, radio y televisión. El costo del proyecto asciende a los ¢ 4.782.000 de los cuales ¢ 31 620 000 corresponden al equipo y ¢ 3 162 000 a otros gastos que incluyen viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos.

### **Electrificación en la comunidad de Bajos del Volcán Turrialba.**

Se instalaron 12 sistemas fotovoltaicos en el mes de octubre (¿año?). Cada uno posee un panel de 120 watts, una batería de ciclo profundo, controlador de carga, inversor y sistemas adicionales de protección.

El costo fue de ¢ 7 millones en total: equipo, viáticos, salarios, transporte, combustible e imprevistos.

### **Electrificación en la comunidad de Vereh, Turrialba.**

Se instalaron 12 sistemas en el mes de octubre(¿año?). Cada uno consta de un panel fotovoltaico de 120 watts, una batería de ciclo profundo, controlador de carga, inversor y sistemas adicionales de protección.

El costo es de ¢ 7 millones en total.

### **Electrificación en la comunidad de Alto Laguna.**

Se instalaron 17 sistemas en la comunidad de Alto Laguna en Golfito, Puntarenas, que consisten en un panel fotovoltaico de 120 watts, una batería de ciclo profundo, un controlador de carga, un inversor y sistemas adicionales de protección, cada uno.

El costo de la obra fue de ¢9,2 millones.

### **Electrificación en la Puntarenitas, Golfito.**

Se instalaron 5 sistemas en la comunidad de Puntarenitas, Golfito, Puntarenas. Cada uno incluye un panel fotovoltaico de 120 watts, una batería de ciclo profundo, un controlador de un carga, inversor y sistemas adicionales de protección.

El costo total de la obra se resume en ¢2,9 millones de colones.

### **Electrificación de las Escuelas Indígenas Las Vegas de Changena y Las Delicias de Cavagra.**

En el año de 2002 se instalaron sendos sistemas solares en las escuelas de Las Vegas de Changena y Las Delicias de Cavagra, Buenos Aires Puntarenas.

Cada uno de ellos consta de 2 paneles fotovoltaicos de 120 watts, dos baterías de ciclo profundo de 175 A-h, cuatro fluorescentes compactos de 13 watts, un inversor de 400 watts para la conexión de un televisor, una videocasetera y una computadora.

## **Electrificación del Salón Multiusos de Palmera de Bajo Chirripó, Matina.**

En el año 2002 se instaló un sistema de 360 watts, con tres baterías de 165 A-h, un inversor de 2.400 watts, para la operación de televisor, proyectores, videocaseteras y seis lámparas fluorescentes compactas de 13 watts, en el salón multiusos de la comunidad de Palmera de Bajo Chirripó, Matina. Beneficia a la comunidad Cabécar que está compuesta por siete comunidades: Palmera, Sirinachí, Pozo Azul, Namaldy, Puerto Rico, Guabina y Chumigo. En este salón se coordina y prepara a los indígenas con diversos programas como seguridad alimenticia, manejo territorial, manejo de humedales, entre otros.

# **ANEXOS**

# Bibliografía

- **Campo Geotérmico Miravalles.**  
S.A., S.E., S.L., S.E., S.A.
  
- **Complejo Arenal (Arenal - Corobicí - Sandillal).**  
Subgerencia de Gestión Institucional, Energía,  
Oficina Patrimonio Histórico y Tecnológico, ICE  
San José, C.R.  
1997.
  
- **Energía Eólica.**  
Dirección Gestión Científica y Tecnológica,  
Programa Conservación de Energía, ICE  
San José, C.R., 4p.
  
- **Energía Solar.**  
Dirección Gestión Científica y Tecnológica,  
Programa Conservación de Energía, ICE  
San José, C.R., 4p.
  
- **García Santamaría, Federico**  
“Planta Térmica Moín”  
Dirección de Ingeniería Electromecánica,  
Proyecto Geotérmico Miravalles, ICE  
(Comunicación Personal), 1997.
  
- **Informe sobre la Planta Hidroeléctrica Cacao.**  
Dirección Produc. Despacho, Generación,  
Supervisor de plantas, Jorge Obando S., ICE  
San José, C.R., 13 p.  
Noviembre 1979.
  
- **Leiva Loaiza, David y Torres Calzada, Luis E.**

- “Planta Geotérmica Miravalles”  
Dirección de Ingeniería Electromecánica,  
Proyecto Geotérmico Miravalles, ICE  
(Comunicación Personal), 1997.
- **Mainieri Protti, Alfredo**  
“Planta Geotérmica Miravalles”  
Dirección Planificación Eléctrica,  
Departamento Recurso Geotérmico, ICE  
(Comunicación Personal), 1997.
  - **Marín Rojas, Luis Guillermo**  
“Plantas Generadoras”  
Programa Conservación de Energía, ICE  
(Comunicación Personal), 1997.
  - **Obando Saborío, Marta**  
“Plantas Solares”  
Departamento de Tarifas y Mercadeo Eléctrico,  
Programa de Electrificación Rural con Energía Solar (Presidencia Ejecutiva), ICE  
(Comunicación Personal), 1997.
  - **Planta Hidroeléctrica Cachí.**  
Dirección Operación Energía,  
Subdirección Operación Plantas y Subestaciones, ICE  
Impreso Oficina de Publicaciones - ICE  
San José, C.R., 8 p.  
Marzo 1995.
  - **Planta Hidroeléctrica Río Macho.**  
Dirección Operación Energía,  
Subdirección Operación Plantas y Subestaciones, ICE  
Impreso Oficina de Publicaciones - ICE  
San José, C.R., 16 p.  
Marzo 1995.
  - **Plantas Hidroeléctricas del ICE.**  
Dirección de Prensa y Relaciones Públicas, ICE  
Impreso Oficina de Publicaciones - ICE  
San José, C.R., 32 p.  
1988.
  - **Plantas en Servicio (Características de las unidades hidroeléctricas y térmicas).**  
Dirección Operación Energía,  
Subdirección Operación Plantas y Subestaciones, ICE  
Impreso Oficina de Publicaciones - ICE  
San José, C.R., 57 p.

Agosto 1995.

- **Plantas Térmicas.**  
Dirección de Prensa y Relaciones Públicas, ICE  
San José, C.R., 8 p.
  
- **Porcentaje de Cobertura Eléctrica en Costa Rica.**  
Dirección de Planificación Eléctrica,  
Departamento de Tarifas y Mercadeo Eléctrico, ICE  
San José, C.R., 24 p.  
Setiembre 1997.
  
- **Proyecto Geotérmico Miravalles.**  
Dirección de Prensa y Relaciones Públicas, ICE  
San José, C.R., 14 p.
  
- **Rivera Solís, Guillermo**  
“Plantas Hidroeléctricas”  
Dirección de Ingeniería Civil, ICE.  
(Comunicación Personal), 1997.