

**INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, EMBALSES
MULTIPROPÓSITO CUENCA SANTA MARÍA
VOLUMEN ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES**



CANAL DE PANAMÁ

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO	5
2. OBJETIVOS	6
3. ANTECEDENTES	6
4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
5. DISEÑO SISTEMAS ELÉCTRICOS	7
5.1. PRESA SANTA MARÍA	7
5.1.1. Demanda de potencia	7
5.1.2. Suministro de energía	7
5.1.3. Sistema eléctrico al interior de las obras	10
5.2. ESTACIONES DE BOMBEO DE RIEGO Y ABASTECIMIENTO	11
5.2.1. Demanda de potencia	11
5.2.2. Suministro de energía	12
5.2.3. Sistema eléctrico al interior de las obras	19
6. DISEÑO SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIONES	29
6.1. GENERAL	29
6.2. CRITERIOS DE DISEÑO	29
6.2.1. Normas	29
6.2.2. Criterios generales	30
6.3. SISTEMA DE CONTROL	30
6.3.1. Modos de control y filosofía de operación	30
6.3.2. Instrumentación	31
6.4. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA	31
6.5. RED DE COMUNICACIONES	31
6.6. SISTEMA DE CCTV	31
6.7. SISTEMA CONTRA INCENDIO SCI	32
6.7.1. Criterios de diseño del sistema contra incendio SCI	32
6.7.2. Normas para el sistema contra incendio SCI	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación geográfica de la Presa Santa María
- Figura 2. Esquema de obras Presa Santa María
- Figura 3. Conexión Presa Santa María con subestación de la central hidroeléctrica la Yeguada
- Figura 4. Conexión Presa Santa María con subestación Llano Sánchez 230 /115 /34,5 kV
- Figura 5. Esquema de instalaciones eléctricas obras presa Santa Maria
- Figura 6. Localización de las estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4
- Figura 7. Conexión sistemas de bombeo No.1 a No.4 con la subestación Santiago 115 /34,5 kV
- Figura 8. Flujo de carga red de media tensión estaciones de bombeo No.1 a No.4
- Figura 9. Estación de bombeo 1. Consumo -Producción FV
- Figura 10. Configuración eléctrica parque fotovoltaico estaciones de bombeo
- Figura 11. Ubicación geográfica de la estación de bombeo No.5
- Figura 12. Conexión estación de bombeo No.5 con la subestación Llano Sánchez
- Figura 13. Esquema de instalaciones media tensión Estación de bombeo No.1 y No.2
- Figura 14. Esquema de instalaciones media tensión Estación de bombeo No.3 y No.4
- Figura 15. Esquema de instalaciones Estación de bombeo No.5
- Figura 16. Esquema de instalaciones baja tensión estaciones de bombeo No.1 a No.4

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Equipos hidromecánicos y auxiliares de la presa Santa Maria
- Tabla 2. Cargas eléctricas de las estaciones de bombeo
- Tabla 3. Balance de energía Estaciones de Bombeo
- Tabla 4. Potencia efectiva y potencia pico de los parques solares fotovoltaicos
- Tabla 5. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.1
- Tabla 6. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.2
- Tabla 7. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.3
- Tabla 8. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.4
- Tabla 9. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.5

LISTA DE ANEXOS

[Anexo 1. Sistema Eléctrico](#)

[Anexo 2. Esquemas Telecomunicaciones](#)

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contiene el informe de diseño a nivel conceptual de los sistemas eléctricos y de control y comunicaciones de la presa Santa María - Gatú y de las diferentes captaciones y estaciones de bombeo sobre el río Santa María.

Para el sistema eléctrico se plantea el suministro de energía de bajo costo a los sistemas de bombeo mediante la construcción de parques solares fotovoltaico en las estaciones de bombeo y la conexión con el Sistema Interconectado Nacional de Panamá - SIN a subestaciones cercanas mediante líneas a 34,5 kV, este nivel de conexión se determinó en función de la demanda de potencia en cada estación y los niveles de tensión disponibles en las subestaciones.

Para las estaciones de bombeo No.1 a No.4, dada la relativa cercanía entre ellas, su conexión se realizaría mediante una línea de doble circuito, semiaislada desde la subestación Santiago a nivel de 34,5 kV. La estación de bombeo No.5 se conectaría mediante una línea sencilla semiaislada desde la subestación Llano Sánchez a nivel de 34,5 kV. Para las obras de la presa Santa María se plantea su conexión al SIN mediante una línea de 34,5 kV con la subestación de la central hidroeléctrica la Yeguada o desde la subestación Llano Sánchez.

Todas las alternativas de conexión con el SIN planteadas están sujetas a la verificación con los correspondientes dueños de las subestaciones con respecto a la disponibilidad de espacio para la ampliación de las subestaciones y el estudio eléctrico de conexión que permita verificar la viabilidad técnica de la conexión.

Al interior de las obras teniendo en cuenta el propósito diferenciado del uso de los sistemas, ya sea para riego, abastecimiento, riego y abastecimiento y otros usos futuros se previó la separación eléctrica mediante tableros eléctricos dedicados.

Teniendo en cuenta la potencia mayor a 1,8 MW de cada uno de los motores principales para bombeo de las estaciones No.1 a No.4 asociadas al riego se previó su alimentación a nivel de 4,16 kV y arranque mediante variador de frecuencia (principal+respaldo) compartido por los grupos de bombeo, el cual además brinda la posibilidad de realizar regulación de caudal a través del último grupo arrancado.

Para los motores de las estaciones de bombeo No.3, No.4 y No.5 con potencia menor a 576 kW se prevé su alimentación desde tableros de distribución a nivel de tensión 480 Vc.a, cada uno con su propio arrancador.

En cada una de las obras, Presa Santa María y Estaciones de Bombeo se prevé la instalación de una planta Diesel de emergencia para el suministro a cargas esenciales.

Para el sistema de control y comunicaciones se plantea una solución jerárquica y distribuida de control, en la cual cada para cada uno de los dos usuarios (Riego, Abastecimiento) se cuenta con tableros de control para los equipos mecánicos del servicio correspondiente. Los equipos mecánicos tendrán control local para la operación, el control podrá ser manual o automático. Para la operación se integrarán a cada tablero señales de instrumentos que midan variables tanto de los equipos como del componente hidráulico. En el modo automático el funcionamiento será un control a partir de consignas de operación ingresadas de forma local o remota desde la red de comunicaciones, y así mismo deberá considerar las curvas de operación de los equipos mecánicos.

Para cada usuario se contará con una estación de operación donde se podrán visualizar las condiciones de operación de los sistemas del servicio correspondiente y se podrá enviar consignas de operación a los tableros del servicio correspondiente.

El proyecto contará con un sistema de vigilancia CCTV, para cada usuario, el cual será centralizado en la estación de operación correspondiente. Así mismo el proyecto contará con un sistema contra incendio independiente para cada sitio del proyecto, y monitoreado centralmente en las estaciones de operación de cada usuario.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de la etapa de diseño conceptual de los sistemas eléctricos y, de control y comunicaciones de la cuenca del río Santa María son los siguientes:

- Realizar la configuración a nivel conceptual de los sistemas eléctricos para el suministro de energía de:
 - a) Los equipos hidromecánicos asociados la presa Santa María.
 - b) Equipos hidromecánicos de las captaciones para las estaciones de bombeo.
 - c) Estaciones de bombeo sobre el río Santa María.
- Determinar posibles puntos de conexión con el Sistema Interconectado de Panamá para cada una de las obras conforme al estimativo de cargas eléctricas de los equipos hidromecánicos, electromecánicos y sistemas auxiliares eléctricos de cada obra.
- Estimar el costo asociado a los sistemas eléctricos para elaborar el presupuesto eléctrico del proyecto.
- Realizar la definición de la estructura del sistema de control, definir los modos de operación, definir la red de control y la red de comunicaciones.
- Definir otros subsistemas a ser integrados a la red de comunicaciones, tales como el sistema de vigilancia CCTV y el sistema contra incendios SCI

3. ANTECEDENTES

Como se describe en el volumen de diseño hidráulico (Ver informe AZU-ING-INF-SM-028), en el marco del presente estudio, en una primera fase, se realizaron los análisis de alternativas en la cuenca del río Santa María, identificando 6 sitios de emplazamiento de reservorios que permitieran el máximo suministro de agua a las demandas identificadas del área de estudio.

Realizada la evaluación multicriterio ACP comunicó a INGETEC mediante oficio ISCC-SAA-397034-C017, la selección de la alternativa SM_Gatú 180 para llevar a cabo los diseños a nivel de prefactibilidad.

4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

La configuración a nivel conceptual de los diferentes sistemas eléctricos y, de control y comunicaciones se basó en los requerimientos para la operación de las diferentes obras, conforme a las características establecidas en los esquemas generales del proyecto, los cuales se presentan en el Diseño Hidráulico Embalse Multipropósito y Obras Anexas Santa María AZU-ING-INF-SM-028 y el diseño conceptual de los sistemas hidromecánicos y electromecánicos de las obras presentados en el Informe de Diseño Conceptual, Embalse Multipropósito Cuenca Santa María, Volumen Mecánica AZU-ING-INF-SM-033.

Los esquemas de referencia son los siguientes:

- AZUSM-PG-J-PGEN-00-0001
- AZUSM-PG-J-PGEN-01-0001
- AZUSM-PG-J-TUNE-04-0001
- AZUSM-PG-J-DEFO-04-0001
- AZUSM-PG-J-DEUS-04-0002
- AZUSM-PG-J-TMCM-04-0001
- AZUSM-PG-J-TMCM-04-0002
- AZUSM-PG-J-TMCM-04-0003
- AZUSM-PG-J-TMCM-04-0004
- AZUSM-PG-J-TMCM-04-0005
- AZUSM-PG-J-PGEN-04-0001
- AZUSM-PG-J-PGEN-04-0002
- AZUSM-PG-J-PGEN-04-0003

- AZUSM-PG-J-PGEN-04-0004
- AZUSM-PG-J-PGEN-04-0005

Para el diseño eléctrico se siguió la siguiente metodología:

- a) Se estimó la demanda de potencia asociada a la operación en cada una de las obras que conforman el proyecto, a saber: Presa Santa María, incluye: Desvío, descarga de fondo, descarga de usos y cinco sistemas de bombeo con sus correspondientes obras de captación.
- b) A partir de la demanda estimada se buscaron posibles fuentes de suministro de energía eléctrica desde subestaciones del Sistema Interconectado Nacional de Panamá-SIN cercanas a las obras, mediante Google Earth Pro y guiados por el diagrama unifilar del SIN de ETESA, descargado de www.etesa.com.pa.
- c) Como fuente de suministro complementaria de bajo costo para los sistemas de bombeo se planteó un sistema de autoconsumo fotovoltaico en cada estación de bombeo.
- d) Para la construcción de las obras se estimó la demanda a partir de experiencia en proyectos similares. Se buscaron alternativas para suministro de energía, conexión al SIN e instalación de plantas Diésel.

5. DISEÑO SISTEMAS ELÉCTRICOS

5.1. PRESA SANTA MARÍA

5.1.1. Demanda de potencia

Para la Presa Santa María se consideran los siguientes requerimientos:

- Demanda de potencia para construcción de la presa y obras asociadas. Se estima un valor de 2,7 MVA a partir de datos de proyectos similares.
- Demanda de potencia para la operación del embalse. Se estimó un valor de 112,5 kVA a partir de las cargas asociadas a los equipos hidromecánicos y servicios eléctricos auxiliares cuya configuración eléctrica de conexión se presenta en la sección [5.1.3. Sistema eléctrico al interior de las obras](#).

5.1.2. Suministro de energía

Teniendo en cuenta la localización de la presa Santa María y la carga máxima estimada para su construcción se analizaron alternativas de conexión de esta carga al Sistema Interconectado Nacional de Panamá mediante subestaciones eléctricas cercanas a la obra.

5.1.2.1. Localización de la Presa Santa Maria.

La Presa del Embalse Multipropósito Santa Maria se encuentra ubicada en la provincia de Veraguas, a 10 kilómetros en línea recta de la laguna la Yeguada, en las coordenadas latitud 8.3912, longitud -80.9270, vease Figura 1.

En la Figura 2 se detallan las obras del lado de la presa con requerimiento de suministro de energía.

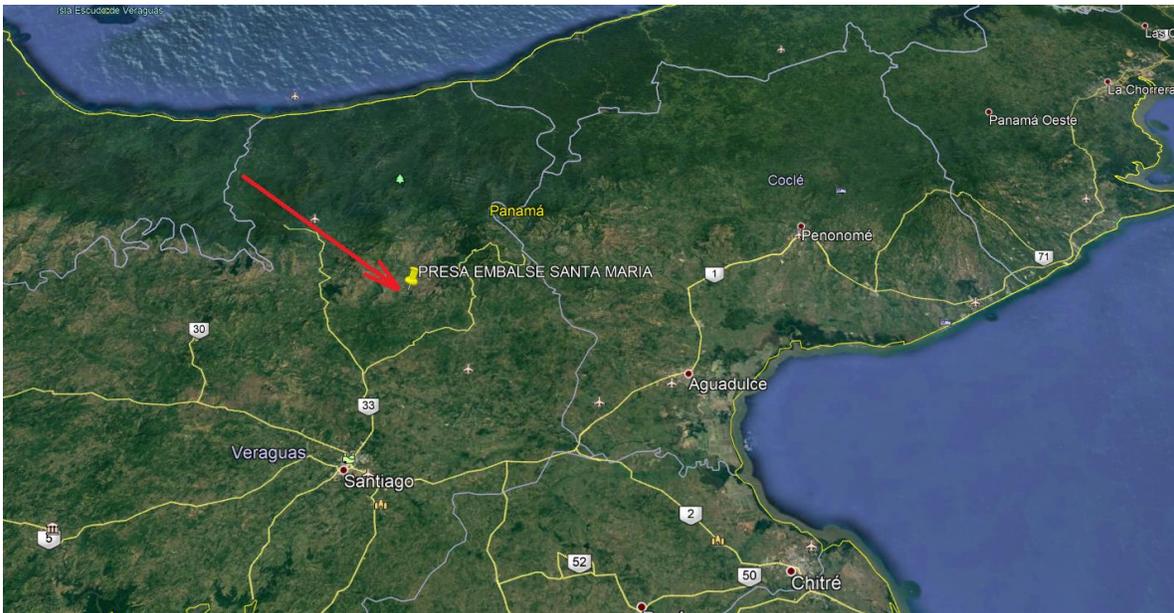


Figura 1. Ubicación geográfica de la Presa Santa María
Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

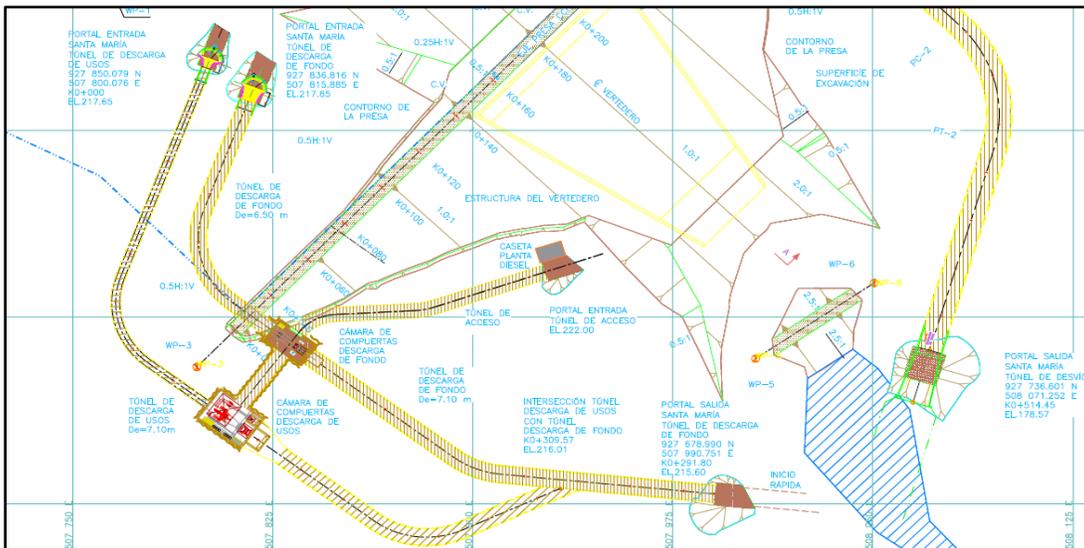


Figura 2. Esquema de obras Presa Santa María

5.1.2.2. Alternativas de conexión de la carga al Sistema interconectado de Panamá

A continuación se presentan las subestaciones eléctricas cercanas al proyecto analizadas como alternativas de conexión para la Presa Santa María:

Subestación eléctrica de la central hidroeléctrica la Yeguada

Esta subestación es la que se encuentra más cerca de la presa del embalse Santa María, a 18 km por carretera. La central hidroeléctrica la Yeguada posee una capacidad de 7 MW y está conectada por medio de una subestación eléctrica a una red de media tensión, se plantea el uso de esta red para realizar el suministro de energía a la presa Santa María. En la Figura 3 se presenta la ruta de conexión propuesta, línea roja.



Figura 3. Conexión Presa Santa María con subestación de la central hidroeléctrica la Yeguada
Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

Subestación Llano Sánchez 230 /115 /34,5 kV

Esta subestación se encuentra ubicada a 46 km por carretera de la presa Santa María, véase Figura 4. Siendo una de las subestaciones eléctricas más importantes de Panamá se considera viable suplir el requerimiento de energía para construcción de la presa desde esta subestación. Para lo cual, se plantea el suministro mediante la construcción de una línea de distribución a nivel de tensión a 34,5 kV, como se presenta en la Figura 4, línea roja.

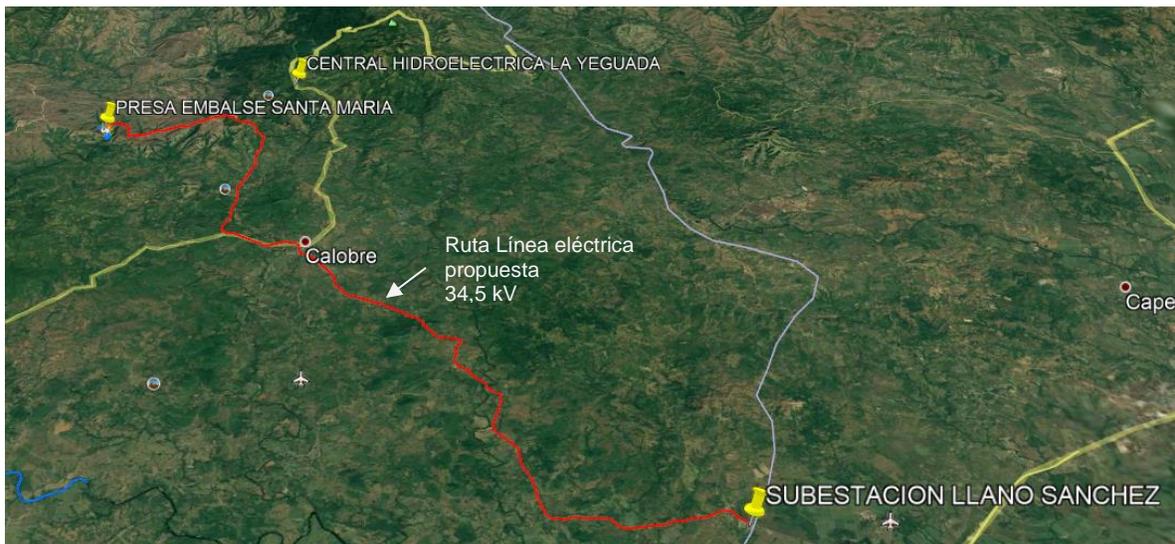


Figura 4. Conexión Presa Santa María con subestación Llano Sánchez 230 /115 /34,5 kV
Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

Las dos alternativas de conexión propuestas están sujetas a la verificación mediante el estudio de conexión correspondiente. En caso de no ser viable la atención de la demanda para construcción de las obras sería viable su atención mediante plantas Diesel.

En cualquier caso para las obras en las cuales se ubican cargas esenciales para la construcción, tales como sistemas de ventilación, sistemas de iluminación, sistemas de bombeo y drenaje se deberá prever la instalación de plantas Diesel de emergencia.

5.1.3. Sistema eléctrico al interior de las obras

En la Tabla 1 se describen los equipos hidromecánicos y mecánicos auxiliares de las obras de la presa con requerimiento de suministro de energía eléctrica, en la cual en la última columna se indica el Cliente/Usó al cual está asociada la carga, a efectos de separar los consumos para su posterior facturación.

Tabla 1. Equipos hidromecánicos y auxiliares de la presa Santa Maria

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial	Cliente/Usó
Presa Santa Maria						
Desvío						
Compuertas planas de ruedas	2	20	40	Cilindros oleohidráulicos y UOH	NO	Común
Cámara de válvulas descarga de fondo						
Compuerta plana de mantenimiento	1	16	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI	Común
Compuerta radial de servicio	1	20			SI	Común
Camara de valvulas descarga de usos						
Válvula HB riego	1	30	30	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI	Riego
Válvula mariposa riego	1				SI	Riego
Válvula HB abastecimiento	1	30	30	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI	Abastecimiento
Válvula mariposa abastecimiento	1				SI	Abastecimiento
Válvula émbolo a paso anular uso futuro	1	5	5	Actuador eléctrico	SI	Uso futuro
Válvula mariposa uso futuro	1	5	5	Actuador eléctrico	SI	Uso futuro
Puente grúa caverna válvula usos	1	20	20	Motor polipasto	SI	Común

Las compuertas planas de ruedas en el túnel de desvío funcionan una única vez durante el cierre del desvío, por lo tanto, no se requiere red eléctrica para esta carga. Se plantea el uso de una fuente de alimentación eléctrica temporal, tipo planta Diésel, que permita la operación de cierre de las compuertas para el inicio del llenado del embalse.

En el Anexo 1 se detalla el listado de cargas de las otras obras, i.e., sin el desvío, considerando los servicios para sistemas de iluminación y tomacorrientes, servicios de los tableros de control, comunicaciones y CCTV, estos últimos alimentados mediante UPS's. En la Figura 5 se presenta el esquema eléctrico propuesto para las instalaciones eléctricas de las obras de la presa Santa María, en el cual se prevé la instalación de un tablero de distribución por cliente y un tablero de servicios comunes.

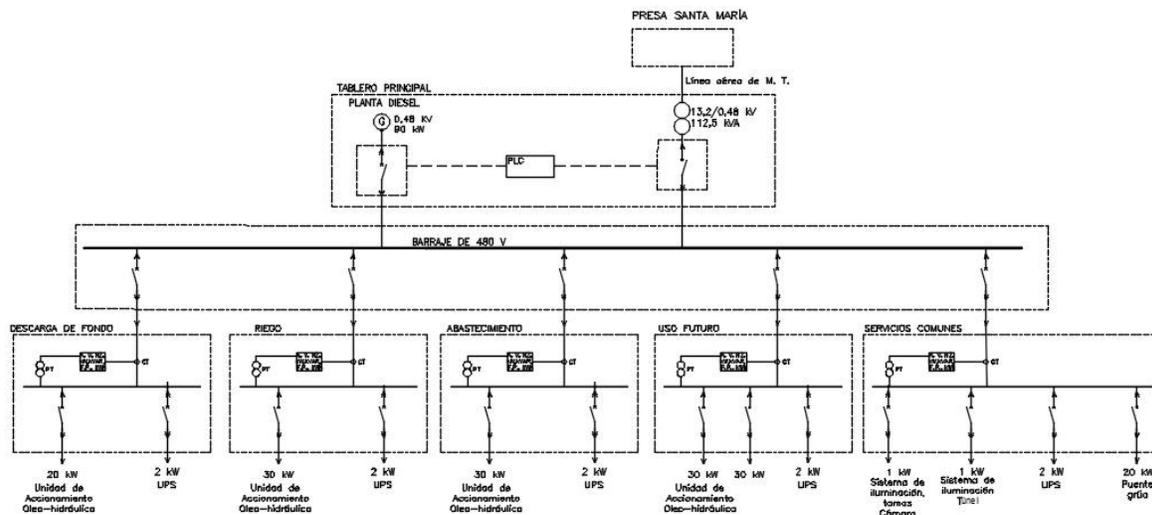


Figura 5. Esquema de instalaciones eléctricas obras presa Santa Maria

Teniendo en cuenta la demanda coincidente se prevé la instalación de un transformador de distribución para instalación en poste de 34,5 /0,48 kV - 112,5 kVA, el cual se ubicaría anexo al portal de acceso a la cámara de las compuertas junto a la caseta para la Planta Diesel de emergencia, véase Figura 2, cuya capacidad se estima en 90 kW.

5.2. ESTACIONES DE BOMBEO DE RIEGO Y ABASTECIMIENTO

5.2.1. Demanda de potencia

Para las estaciones de bombeo y captaciones asociadas se consideran los siguientes requerimientos:

- Demanda de potencia para construcción. Se estimó un valor de 250 kVA por estación de bombeo a partir de datos de proyectos similares, y considerando que no se contempla construcción de túneles en ninguno de estos sistemas.
- Demanda de potencia para la operación de los sistemas de bombeo. Se estimó para cada una de las estaciones de bombeo a partir de las cargas asociadas a los equipos hidromecánicos (obras de captación) y equipos electromecánicos y sistemas auxiliares de los sistemas de bombeo, cuya configuración eléctrica se describe en la sección [5.2.3. Sistema eléctrico al interior de las obras](#). En la Tabla 2 se resume la carga estimada para operación de las estaciones de bombeo.

Tabla 2. Cargas eléctricas de las estaciones de bombeo

Carga	Demanda en operación
Estación de bombeo No.1 de Riego	7,8 MVA
Estación de bombeo No.2 de Riego	6,0 MVA
Estación de bombeo No.3 de Riego	6,1 MVA
Estación de bombeo No.3 de Usos	0,21 MVA
Estación de bombeo No. 4 de Riego	7,2 MVA
Estación de bombeo No.4 de Usos	0,64 MVA

Estación de bombeo No.5 de Riego	1,0 MVA
----------------------------------	---------

5.2.2. Suministro de energía

5.2.2.1. Localización estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4

Las estaciones de bombeo de riego (No.1 y No.2) y de riego y abastecimiento (No.3 y No.4) se ubican al norte de la ciudad de Santiago en la provincia de Veraguas, como se presenta en la Figura 6.

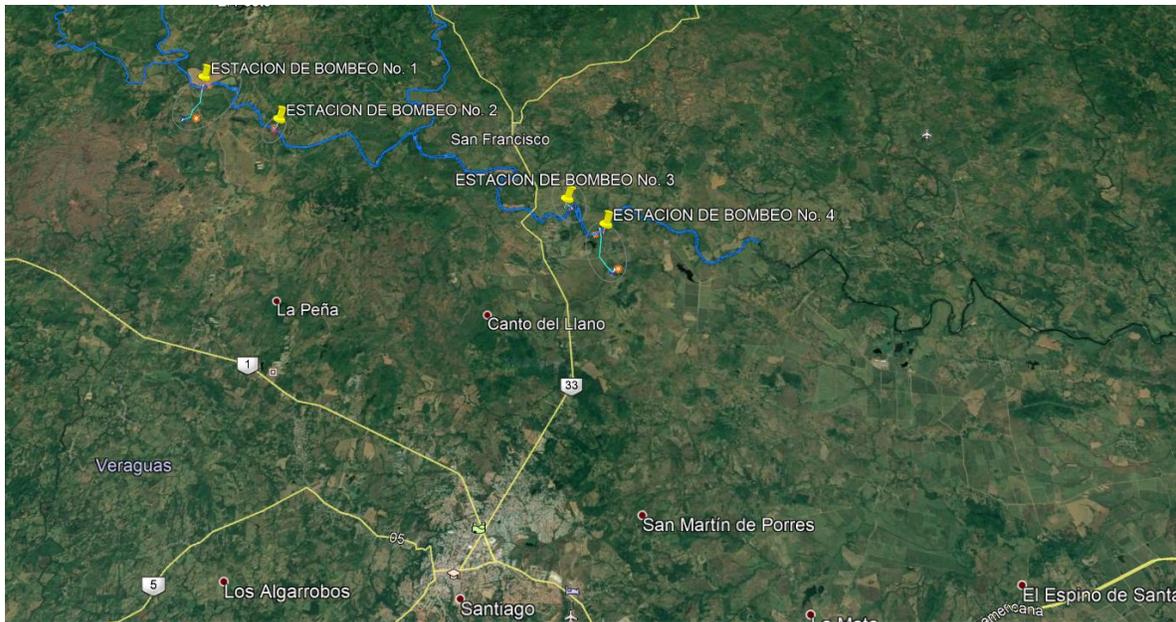


Figura 6. Localización de las estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4

Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

El suministro de energía se plantea mediante conexión al Sistema Interconectado de Panamá-SIN. Adicionalmente, se prevé generación de energía de bajo costo mediante un sistema fotovoltaico sin baterías en cada estación de bombeo para autoconsumo y venta de excedentes, como se describe a continuación.

5.2.2.2. Conexión al Sistema Interconectado Nacional de Panamá

La conexión al SIN se plantea mediante una red de media tensión que conecta las cuatro estaciones de bombeo dada la cercanía entre ellas. Esta conexión también servirá para inyectar al SIN los excedentes de energía producidos por las plantas solares fotovoltaicas.

De acuerdo con el diagrama unifilar del Sistema Interconectado Nacional de Panamá, localización de los sistemas de bombeo y su demanda de potencia en operación se plantea su conexión al SIN a través de la subestación de Santiago 115 /34,5 kV de propiedad de Empresa de Distribución Eléctrica Metro-Oeste, S. A, para lo cual se propone construir una línea de 34,5 kV de doble circuito, semi aislada a 46 kV con conductor 477 kcmil, siguiendo vías existentes en la ruta indicada en la Figura 7 (línea roja). Se prevé línea semi aislada como medida para evitar salidas por contacto con vegetación.

El suministro de energía de los sistemas de bombeo No.1 y No.3 se realizaría normalmente desde la línea No.1 y las estaciones No.2 y No.4, se conectarán a la línea No.2, esto con el fin de lograr una caída de tensión cercana al 5% sin apoyo reactivo del sistema fotovoltaico local. En cada uno de los puntos de derivación desde la línea hacia las

estaciones de bombeo se prevé la instalación de equipos de maniobra para poder conectar las estaciones de bombeo a cualquiera de los dos circuitos.

Esta alternativa de conexión implica la ampliación de la subestación Santiago mediante una bahía de transformación para un transformador de 115 kV /34,5 kV - 34 MVA y dos bahías de salida de circuito de línea de 34,5 kV, para lo cual se deberá realizar la correspondiente verificación con el dueño de la subestación de los espacios requeridos para la ampliación, y confirmación mediante el estudio de conexión de la viabilidad técnica de esta conexión.

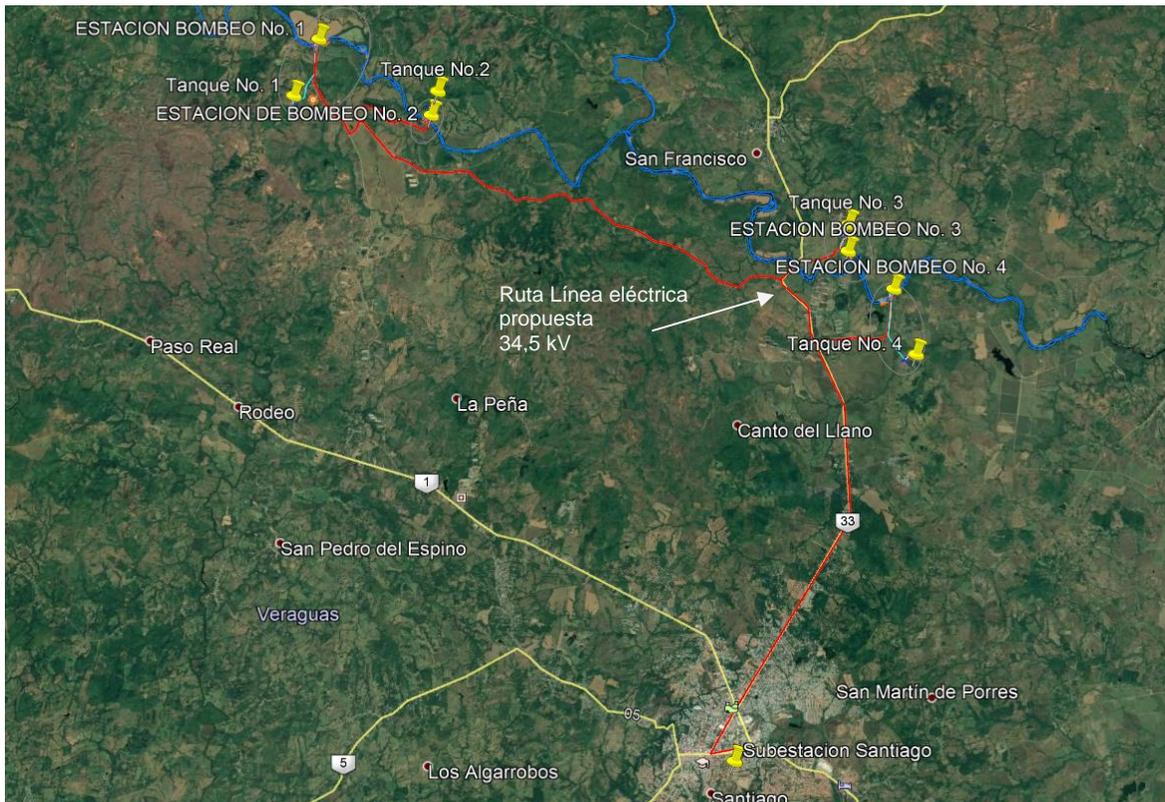


Figura 7. Conexión sistemas de bombeo No.1 a No.4 con la subestación Santiago 115 /34,5 kV
Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

En la Figura 8 se presenta el flujo de carga, simulado en el programa ETAP de la red de media tensión propuesta para las estaciones de bombeo No.1 a No.4 en el cual se observa una máxima caída de tensión 94,98%. En el Anexo 1 se presenta el reporte completo del análisis de flujo de carga.

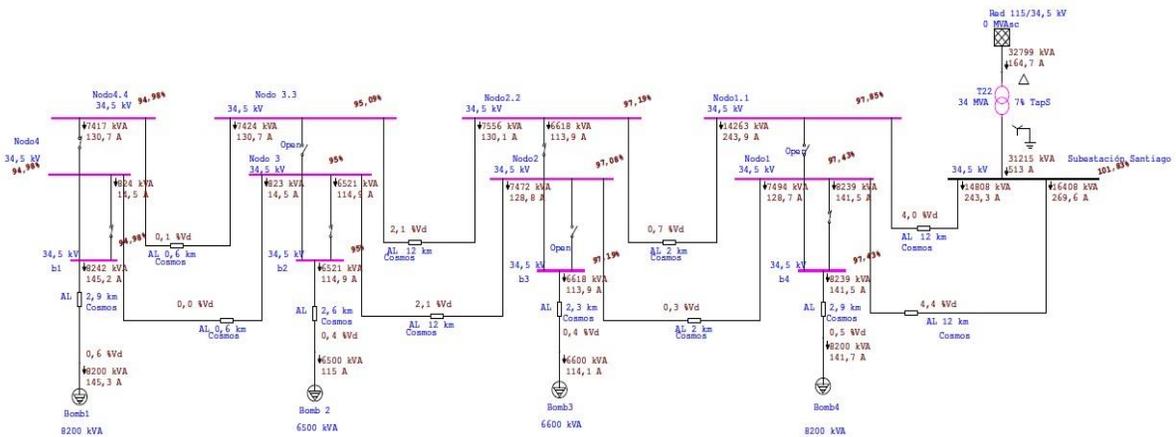


Figura 8. Flujo de carga red de media tensión estaciones de bombeo No.1 a No.4
Fuente: Ingetec, a partir de ETAP

Parques fotovoltaicos en estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4

Santiago de Veraguas posee una buena situación geográfica para aprovechar la energía solar. De acuerdo con el mapa de radiación solar de Panamá descargado de la base de datos de Solargis, <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/panama>, esta zona tiene una irradiación diaria promedio de 5 kWh/m² con un comportamiento estable durante el año. Adicionalmente, se dispone de terrenos con topografía plana cercanos a los sitios de los sistemas de bombeo, condición que favorece la implantación de parques de generación solar fotovoltaica.

Los parques fotovoltaicos tendrían una capacidad instalada efectiva (MWp) tal que se cubra parte del requerimiento para autoconsumo de las estaciones y adicionalmente, se produzcan excedentes que puedan ser acumulados como créditos de acuerdo a la legislación de Panamá.

El Procedimiento para Autoconsumo con Fuentes Nuevas, Renovables y Limpias, aprobado en la Reglamentación de Panamá en la resolución AN No. 10206-ELEC de 11 de julio de 2016, establece el procedimiento para que los clientes de las empresas de distribución conecten sus plantas de generación para autoconsumo. A continuación se transcribe el propósito de este procedimiento:

“El propósito del presente procedimiento consiste en que los clientes puedan satisfacer su consumo eléctrico, mediante la instalación de Plantas de Generación que utilicen energías renovables y limpias, y también puedan vender sus excedentes cuando existan.

Este procedimiento aplica a los clientes de las empresas distribuidoras que tienen como objetivo disminuir su consumo de energía del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o del Sistema Aislado, utilizando una Planta de Generación que utilice fuentes nuevas, renovables y limpias conectadas a líneas de media y baja tensión”.

El balance entre el consumo, inyección de energía y forma de pago de la energía inyectada a la red se presenta en los artículos 9, 10 y 12 del procedimiento, como se indica a continuación:

Artículo 9º: La empresa distribuidora facturará mensualmente al cliente con uno de los métodos siguientes, aplicando los subsidios correspondientes tomando como referencia el consumo neto que resulte:

- i. Cuando la medición neta mensual muestre un consumo en (kWh): se facturará el cargo fijo, la demanda leída (kW) (de tener una tarifa con demanda) y la energía (kWh) que resulte como consumo neto. El consumo neto se produce cuando los kWh consumidos por el cliente de la Red son mayores a los kWh entregados por el cliente a la red, medidos en el medidor bidireccional instalado. Los cargos que correspondan se facturarán de acuerdo con la tarifa regulada vigente y también podrán aplicar otros cargos contenidos en la tarifa vigente.*

El consumo neto se establece de la siguiente ecuación:

kWh consumidos de la red > kWh entregados cliente a la red

Consumo neto (kWh) = kWh consumidos de la red – kWh entregados cliente a la red

ii. Cuando la medición neta mensual muestre inyección en (kWh): se facturará el cargo fijo, la demanda leída (kW) (de tener una tarifa con demanda) y la energía que resulte como inyección se acumulará como créditos de energía (kWh). La inyección se produce cuando los kWh entregados por el cliente a la red es mayor a los kWh consumidos por el cliente de la Red, medidos por el medidor bidireccional instalado. Los cargos que correspondan se facturarán de acuerdo con la tarifa regulada vigente y también podrán aplicar otros cargos contenidos en la tarifa vigente.

La inyección neta se produce cuando se cumple la siguiente ecuación:

kWh consumidos de la red < kWh entregados cliente a la red

Inyección (kWh) = kWh entregados cliente a la red - kWh consumidos de la red

Artículo 10º: El cliente tendrá derecho a acumular Créditos Excedentes en kilowatts-hora (kWh), en adelante Créditos, en períodos anuales o semestrales, hasta un límite máximo de 25%, en base a un análisis del histórico de consumo, lo cual deberá quedar consignado en el Acuerdo de Interconexión.

Artículo 12º: Los pagos por los créditos acumulados, de existir, se harán, a solicitud del cliente a través de cheque, ACH o se acreditarán en dinero a la cuenta de electricidad del cliente, y se aplicarán de acuerdo a lo siguiente:

a) Créditos Anuales: Los Créditos a favor del cliente que seleccione un período anual se contabilizarán del 1 de enero al 31 de diciembre, y deberán pagarse al cliente, de existir excedentes, antes del 16 de febrero del año siguiente, al costo promedio anual de compra en contratos de energía (kWh) de la empresa distribuidora, en el año en que se acumularon los excedentes.

b) Créditos Semestrales: Los Créditos a favor del cliente que seleccione un período semestral, se contabilizarán del 1 de enero al 30 de junio (primer semestre) y del 1 de julio al 31 de diciembre (segundo semestre), y deberán pagarse al cliente, de existir excedentes, en el caso del primer semestre, antes del 16 de agosto del semestre siguiente, y en el caso del segundo semestre, antes del 16 de febrero del año siguiente. En ambos casos, los créditos se pagarán al costo promedio semestral de compra en contratos de energía (kWh) de la empresa distribuidora, en el semestre en que se acumularon los excedentes.

El tipo de conexión aplicable para el proyecto, de acuerdo con la generación estimada mayor a 500 kW y conexión a nivel de media tensión sería el dispuesto en el Procedimiento, Anexo B.

Teniendo en cuenta las características de consumo de los parques, en particular para los sistemas de bombeo de riego, se observa que los primeros meses del año (hasta abril) se presentan altos consumos y para los demás meses el consumo es reducido. Por lo cual, se plantea instalar plantas con las cuales se cubra parte del consumo del sistema de bombeo, el faltante se compra a la red. Para los meses restantes se tendrá autoconsumo y excedentes que serán inyectados a la red, sólo hasta un 25% del consumo histórico anual.

Como ejemplo, en la Figura 9 se presenta el caso de la estación de bombeo No.1. En el cual con un parque de potencia instalada de 3,7 MWp se cubre parte del consumo de los cuatro primeros meses, y durante los otros meses los excedentes se inyectan a la red, sin exceder el 25% del consumo histórico del año.

La estimación de energía fotovoltaica se realizó con la herramienta PVGIS de la Unión Europea software de acceso libre; cuya base de datos para proyectos en Panamá es PVGIS-NSRDB. Esta base de datos ha sido proporcionada por el National Renewable Energy Laboratory (NREL, USA) y forma parte del National Solar Radiation Database. Los datos cubren la región de América del Norte y del Sur comprendida entre 60° N to 20° S.

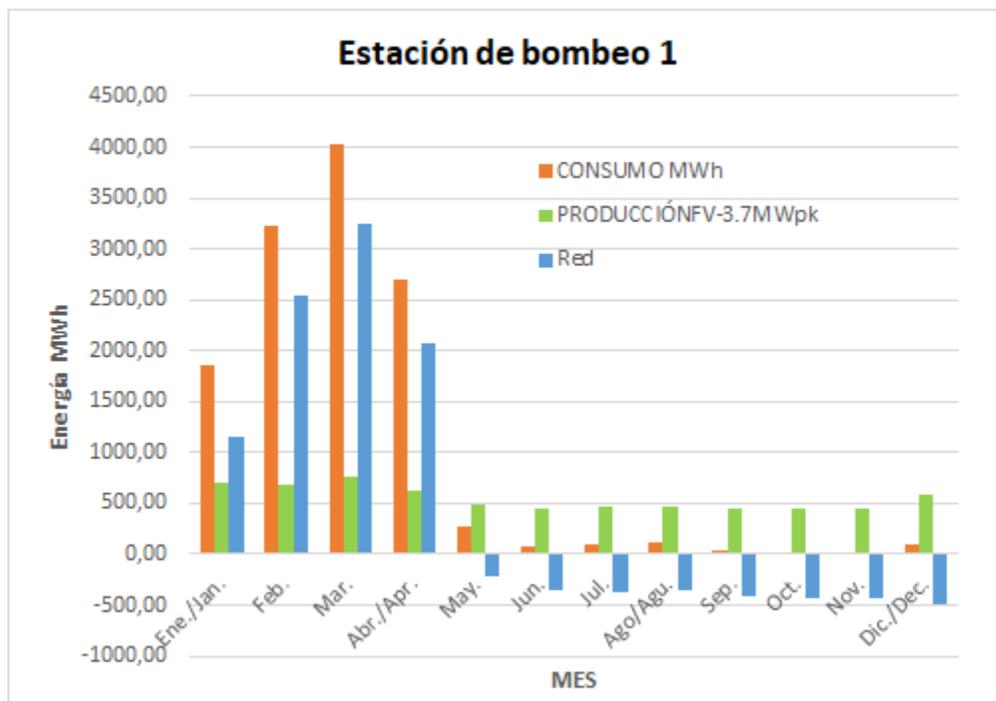


Figura 9. Estación de bombeo 1. Consumo -Producción FV

En la Tabla 3 se resume los resultados de autoconsumo, energía comprada a la red y excedentes de energía acumulados en un año, en cada una de las estaciones de bombeo.

Tabla 3. Balance de energía Estaciones de Bombeo

Estaciones de bombeo	Potencia demandada estaciones bombeo (MW)	Consumo Anual MWh	Potencia fotovoltaica instalada MWpk	Generación FV anual MWh	Energía de origen FV (MWh/año)	Energía comprada a la red (MWh/año)	Energía Acumulada Créditos (MWh/año)	% Energía acumulada anual Créditos
Estación de bombeo No.1-Solo Riego	7,4	12538	3,7	6577	52%	48%	3072	24%
Estación de bombeo No.2-Solo Riego	5,8	9772	3,0	5211	53,3%	46,7%	2411	24,6%
Estación de bombeo No.3-Riego	5,8	9637	3,0	5189	54%	46%	2400	25%
Estación de bombeo No.3-Abastecimiento	0,2	1363	1,0	1697	125%	0%	334	24,5%
Estación de bombeo No.4-Riego	6,8	11765	3,5	6225	52%	48%	2921	24%
Estación de bombeo No.4-Abastecimiento	0,6	4269	3,0	5336	125%	0%	1067	25%

Estación de bombeo No.5- Solo Abastecimiento	0,8	9757	6,7	12188	125%	0%	2431	25%
--	-----	------	-----	-------	------	----	------	-----

En la Tabla 4 se resume la potencia FV instalada recomendada para cada estación de bombeo. Adicionalmente, se presenta la estimación del área para la instalación de los parques, considerando el dato presentado en el estudio "Consultoría para establecer una metodología para el cálculo de energía firme de una planta solar - Fonroche Renewable Energies" realizado para la CREG- Comisión de regulación de Energía y gas de Colombia, en el cual se estima un área de 2,35 Ha por MWp, para la instalación en estructura con seguidor a un eje.

Tabla 4. Potencia efectiva y potencia pico de los parques solares fotovoltaicos

Estaciones de bombeo	Potencia pico de los parques solares (MWp)	Área estimada (Ha)
Estación de bombeo No.1-Solo Riego	3,7	8,7
Estación de bombeo No.2-Solo Riego	3,0	7
Estación de bombeo No.3-Riego	3,0	7
Estación de bombeo No.3-Abastecimiento	1,0	2,35
Estación de bombeo No.4-Riego	3,5	8,3
Estación de bombeo No.4-Abastecimiento	3,0	7
Estación de bombeo No.5- Solo Abastecimiento	6,7	15,7

Con el fin de maximizar la eficiencia de transmisión de la energía de los parques solares estos serían ubicadas lo más cerca posible de las estaciones de bombeo. En la Figura 10 se presenta la configuración eléctrica típica para los parques solares propuestos.

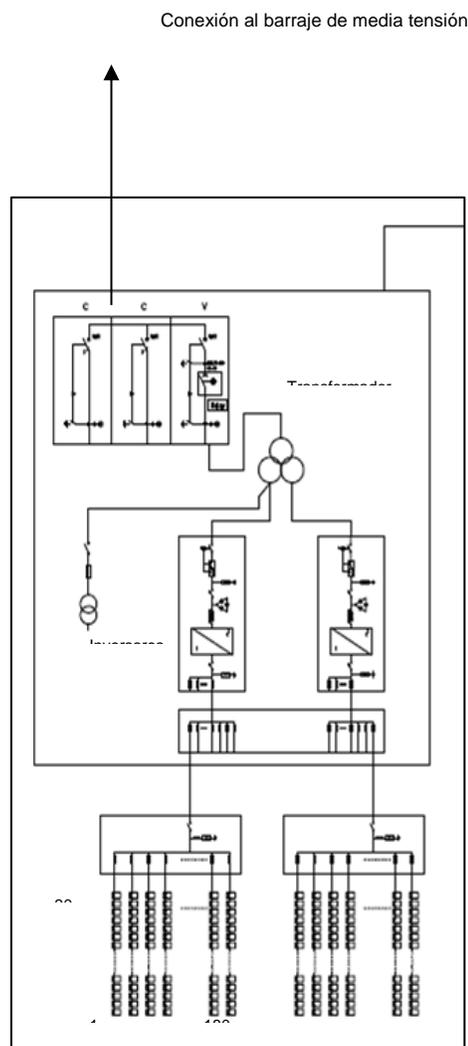


Figura 10. Configuración eléctrica parque fotovoltaico estaciones de bombeo

El suministro eléctrico para la estación de bombeo No.5 (demanda de 2 MVA) se plantea de forma similar a las otras estaciones, i.e., mediante un parque solar fotovoltaico y conexión al Sistema Interconectado Nacional de Panamá. Véase resultados de la generación fotovoltaica en la Tabla 3.

5.2.2.3. Localización de la estación de bombeo No.5

La estación de bombeo No.5 con fines de abastecimiento se encuentra al sur de la subestación eléctrica Llano Sánchez y oeste de la ciudad de Aguadulce, como se presenta en la Figura 11.

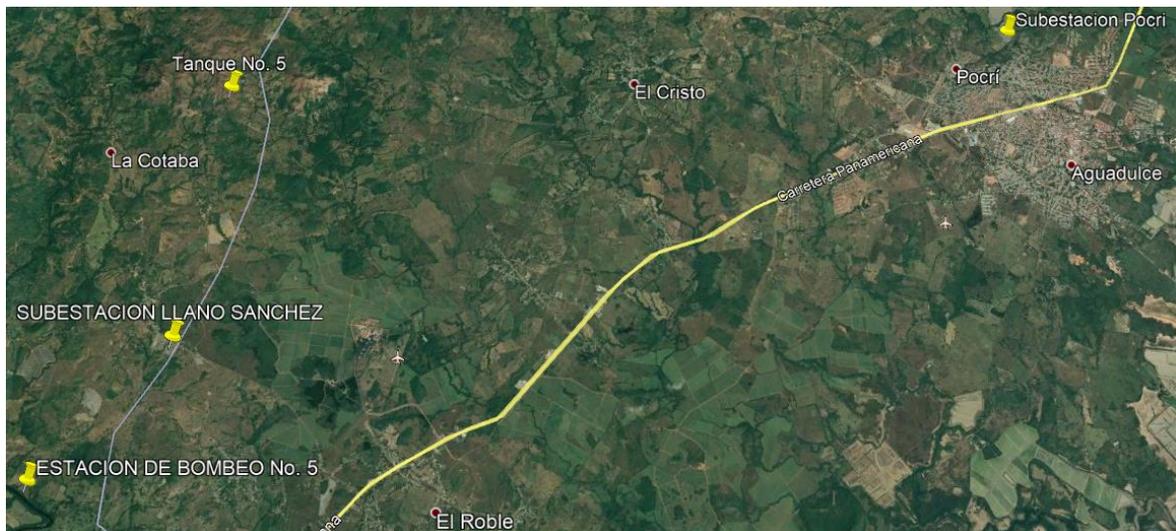


Figura 11. Ubicación geográfica de la estación de bombeo No.5
Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

5.2.2.4. Conexión de la estación de bombeo No.5 al SIN

Teniendo en cuenta que la subestación eléctrica Llano Sánchez 230 /115 / 34,5 kV es la más cercana a la estación de bombeo No.5, se plantea su conexión al SIN a través de esta subestación de propiedad de la Empresa de Distribución Eléctrica Metro-Oeste, S. A.

La conexión eléctrica se realizaría mediante la construcción de una línea de distribución de media tensión 34,5 kV. como se presenta en la Figura 12, línea roja.



Figura 12. Conexión estación de bombeo No.5 con la subestación Llano Sánchez
Fuente: Ingetec, a partir de Google Earth

5.2.3. Sistema eléctrico al interior de las obras

En las Tabla 5 a Tabla 9 se describen los equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos de las estaciones de bombeo que presentan requerimiento de suministro de energía eléctrica.

Tabla 5. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.1

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.1					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	20	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	12	12	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	12	36	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4,3	4,3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	2345	7035	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	50	50	Motor	NO
Válvula Mariposa Succión	4	6	24	Actuador Eléctrico	NO
Válvula Mariposa Descarga	4	6	24	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	45	45	-	SI

Tabla 6. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.2

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.2					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	20	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	12	12	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	12	36	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI

Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4,3	4,3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	1816	5447	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	20	20	Motor polipasto	NO
Válvula Mariposa Succión	4	6	24	Actuador Eléctrico	NO
Válvula Mariposa Descarga	4	6	24	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	36	36	-	SI

Tabla 7. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.3

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.3					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	20	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	12	12	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	12	36	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4,3	4,3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	1827	5482	Motor eléctrico	NO
Bombas horizontales para uso sistema IDAAN San Francisco	1	188	188	Motor eléctrico	NO

Puente grúa casa máquinas	1	50	50	Motor polipasto	NO
Válvula Mariposa Succión	6	6	36	Actuador Eléctrico	NO
Válvula Mariposa Descarga	6	6	36	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	50	50	-	SI

Tabla 8. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.4

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.4					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	20	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	12	12	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	12	36	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4,3	4,3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina tanque de carga	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	3	2176,5	6529,4	Motor eléctrico	NO
Bombas horizontales para uso sistema IDAAN San Francisco	1	576,5	576,5	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	50	50	Motor polipasto	NO
Válvula Mariposa Succión	6	6	36	Actuador Eléctrico	NO
Válvula Mariposa Descarga	6	6	36	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	53	53	-	SI

Tabla 9. Equipos hidromecánicos y auxiliares mecánicos estación de bombeo No.5

Item	Cant.	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Tipo de actuador	Equipo Esencial
Estación de bombeo No.5					
Canal de limpia					
Compuerta radial de servicio	1	20	20	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablón de mantenimiento	1	12	12	Motor polipasto	NO
Captación y desarenador					
Compuertas planas de entrada	3	12	36	Cilindros oleohidráulicos y UOH	SI
Tablones de cierre para mantenimiento compuertas	3	4,3	4,3	Motor polipasto	NO
Compuerta tipo guillotina para caudal ecológico, incluye actuador	1	5	5	Motor eléctrico	NO
Compuertas tipo guillotina de lavado de sedimentos, incluye actuador	3	5	15	Motor eléctrico	NO
Estación de bombeo					
Bombas horizontales principales para riego	2	454,9	909,8	Motor eléctrico	NO
Puente grúa casa máquinas	1	50	50	Motor polipasto	NO
Válvula Mariposa Succión	2	6	12	Actuador Eléctrico	NO
Válvula Mariposa Descarga	2	6	12	Actuador Eléctrico	NO
Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	23	23	-	SI

En el Anexo 1. se detalla el listado de cargas de las obras considerando los servicios para sistemas de iluminación y tomacorrientes, servicios de los tableros de control, comunicaciones y CCTV, estos últimos alimentados mediante UPS's, sistema de corriente continua y se presentan los esquemas de conexión propuestos.

En cada una de las estaciones se instalará un transformador de distribución principal cuya potencia seleccionada estará acorde con la demanda coincidente en cada estación, véase resumen Tabla 2. y cuyo nivel de tensión por el lado de alta será 34,5 kV, de acuerdo con las alternativas de conexión propuestas para cada uno de los bombes.

Configuración desde el lado secundario del transformador principal

Estaciones de bombeo No.1, No.2, No.3 y No.4.

El nivel de tensión de los terminales del secundario del transformador principal será de 4,16 kV, valor seleccionado considerando la potencia mayor a 1,8 MW de los motores de los grupos de bombeo principales asociados al suministro de agua para riego en las cuatro estaciones de bombeo. Este nivel de tensión es estándar en Panamá, conforme al RIE y en concordancia con los niveles de tensión recomendados para motores de inducción de potencias mayores a 450 HP en la IEEE Std 141-1993 Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, tabla 3-11 Standard voltages and preferred horsepower limits for polyphase induction motors.

En las estaciones de bombeo No.3 y No.4 además de disponerse bombeo para riego se tiene bombeo para abastecimiento, con motores de potencia menor a 576 kW. Para estos motores el nivel de tensión recomendado es 480 Vca. Por lo que se dispondría de un transformador de relación 4,16 /0,48 kV destinado a suplir el bombeo para abastecimiento.

Para los motores asociados al bombeo para riego para evitar fluctuaciones en el sistema ocasionadas por el arranque directo de los motores y tener la posibilidad de realizar regulación del caudales, se plantea el arranque mediante variadores de frecuencia-VDF (principal+respaldo), de acuerdo con las opciones de mercado aplicables a este tipo de proyectos. Se implementaría el uso de la aplicación de transferencia sincrónica del VDF que permite realizar el arranque secuencial de las unidades mediante un único VDF. Se configuraría un barraje común de frecuencia con los dos variadores de frecuencia.

Para los motores asociados al abastecimiento el arranque se realizaría mediante variadores independientes para cada motor.

Para las estaciones No.1 y No.2 (solo para riego) a nivel de media tensión a 4,16 kV se configuraría el sistema mediante celdas para:

- La conexión del transformador de distribución desde el lado de media tensión con la estación de bombeo.
- El suministro de energía a cada uno de los variadores de frecuencia.
- El suministro de energía a cada motor de los grupos de bombeo.
- Medición de energía
- El suministro de energía para el transformador de sistemas auxiliares de la estación de bombeo y de la captación correspondiente.

Para las estaciones No.3 y No.4 (riego y abastecimiento) a nivel de media tensión a 4,16 kV se configuraría el sistema mediante celdas para:

- La conexión del transformador de distribución desde el lado de media tensión con la estación de bombeo.
- El suministro de energía a cada uno de los variadores de frecuencia para los grupos de bombeo de riego.
- El suministro de energía a cada motor de los grupos de bombeo de riego.
- Medición de energía
- El suministro de energía para el transformador de sistemas auxiliares de la estación de bombeo y de la captación correspondiente.
- El suministro de energía para el transformador de 4,16 /0,48 kV para los grupos de bombeo de abastecimiento y sus sistemas auxiliares.

En la Figura 13 se presenta la configuración prevista para las estaciones de bombeo No.1 y No.2. En la Figura 14 se presenta la configuración prevista para las estaciones de bombeo No.3 y No.4.

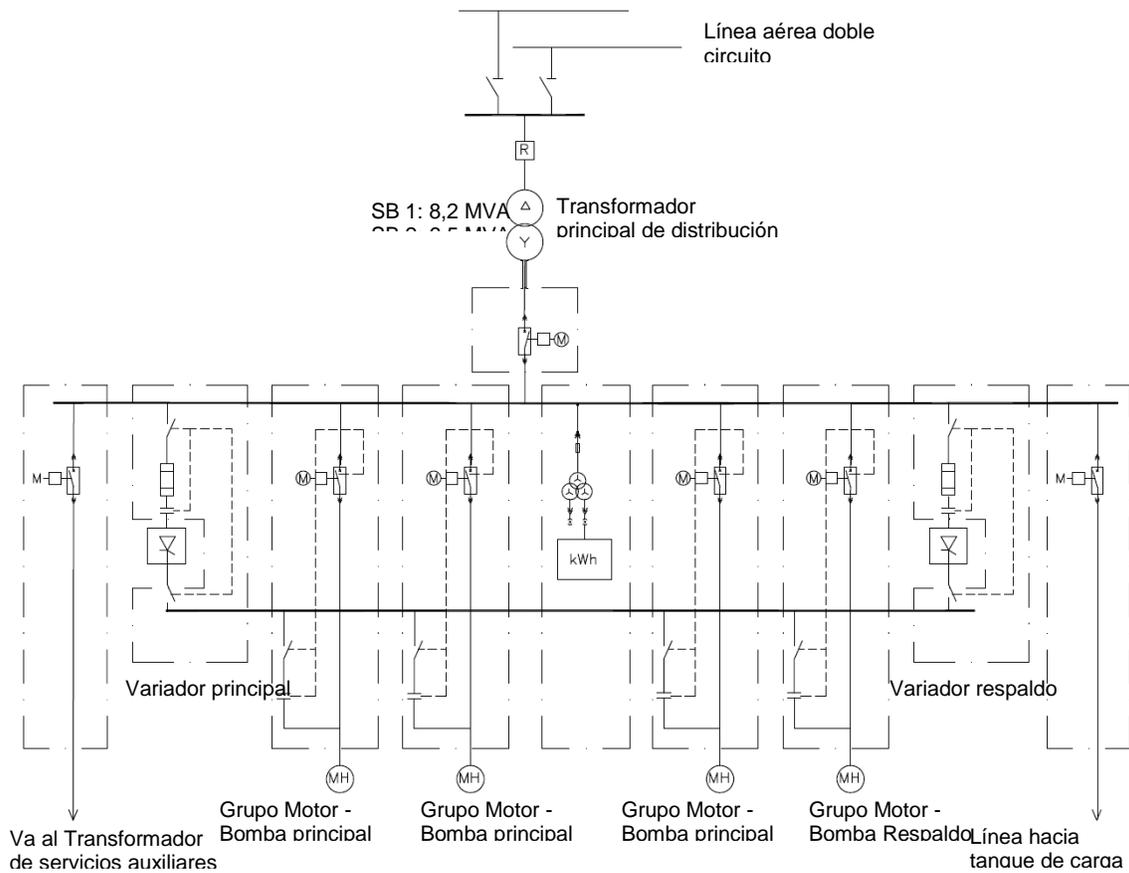


Figura 13. Esquema de instalaciones media tensión Estación de bombeo No.1 y No.2

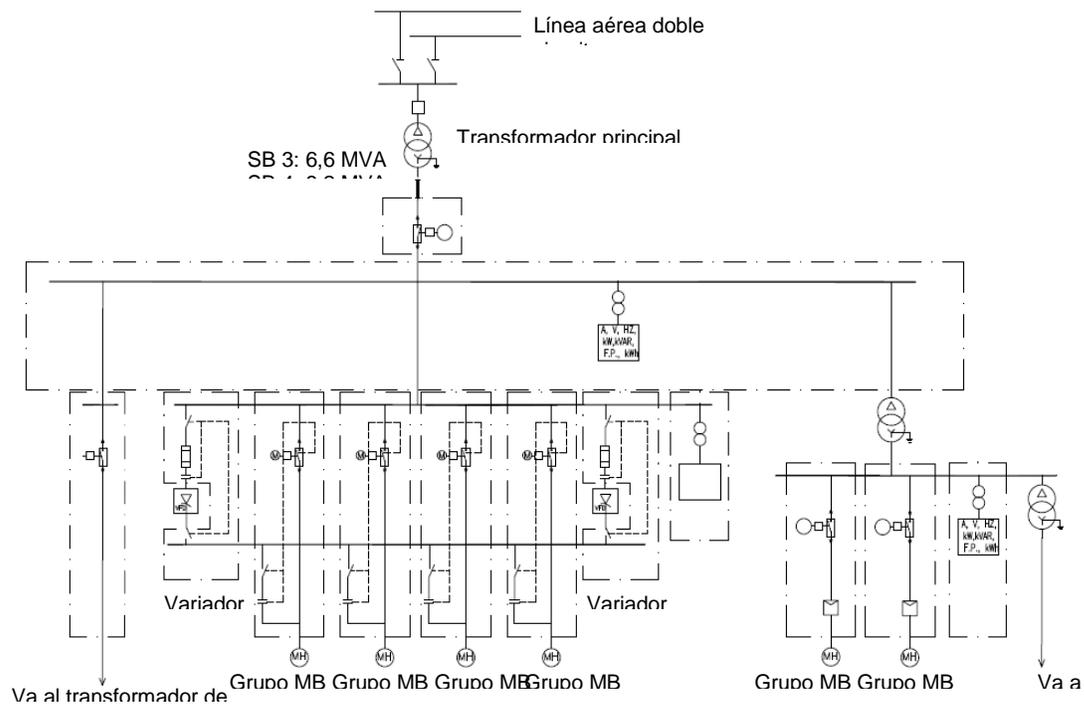


Figura 14. Esquema de instalaciones media tensión Estación de bombeo No.3 y No.4

Estación de bombeo No.5

Esta estación de bombeo solo para riego dispone de motores principales de capacidad menor a 455 kW. Para estos motores el nivel de tensión recomendado es 480 Vca, por lo cual se dispondría de un transformador de relación 34,5 /0,48 kV instalado al exterior de la casa de bombeo y se configuraría un sistema de distribución en baja tensión para el suministro de energía a todo los sistemas, bombeo y captación. Adicionalmente, se prevé la instalación de una planta Diésel con capacidad de suministro de las cargas esenciales del sistema de bombeo y la captación.

El arranque de los motores se realizaría mediante variadores independientes para cada motor. En la Figura 15 se presenta la configuración eléctrica prevista para la estación de bombeo No.5.

El nivel en baja tensión será:

Motores: 480 Vca.

Iluminación interior/externo y tomacorrientes: 208Y/120

Niveles de tensión de uso normalizadas en Panamá de acuerdo al RIE- Reglamento para las Instalaciones eléctricas de la República de Panamá, Tabla 1.

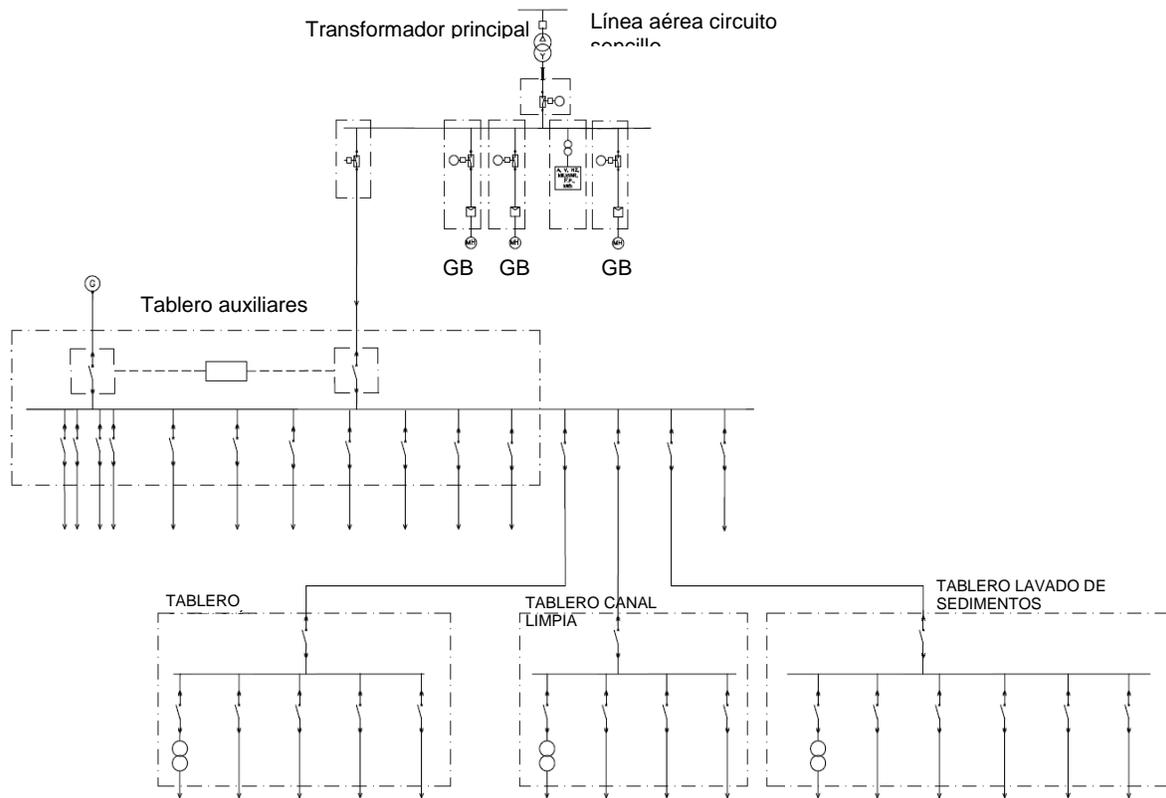


Figura 15. Esquema de instalaciones Estación de bombeo No.5

Estaciones de bombeo No.1 a No.4 - Servicios auxiliares en baja tensión

En cada una de las casas de máquinas de los sistemas de bombeo para los servicios auxiliares de baja tensión en corriente alterna se prevé la instalación de un transformador de servicios auxiliares de 6,9 /0,480 kV. Cada transformador tendrá la capacidad de suplir los servicios de toda la estación de bombeo y las obras asociadas a la captación. Los transformadores serán instalados al exterior de la casa de máquinas. Adicionalmente, se prevé la instalación de una planta Diésel con capacidad de suministro de las cargas esenciales del sistema de bombeo y la captación.

La configuración eléctrica del sistema en baja tensión se presenta en la Figura 16. En el cual se dispone de un tablero de distribución principal a ubicarse en la casa de máquinas, desde el cual se derivan los servicios auxiliares para el sistema de bombeo y tres acometidas principales hacia las obras de la captación, el canal de limpia y el sistema de lavado y sedimentos, obras en las cuales se dispondrá un tablero de distribución secundario para suministro a los equipos hidromecánicos y servicios de iluminación y tomacorrientes en esta zonas.

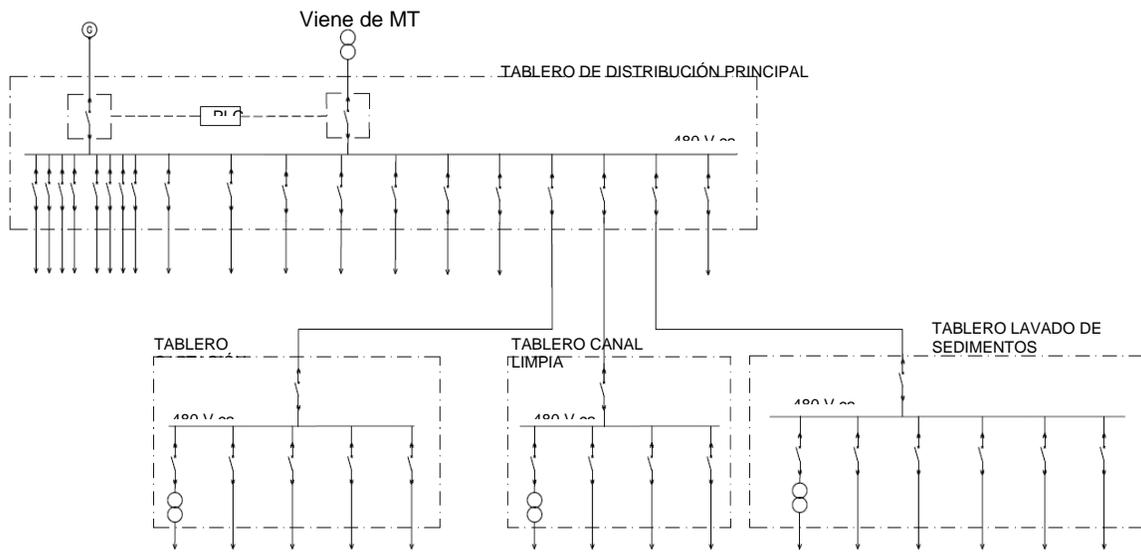


Figura 16. Esquema de instalaciones baja tensión estaciones de bombeo No.1 a No.4

6. DISEÑO SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIONES

6.1. GENERAL

El sistema de control del proyecto contará con dos sistemas de supervisión y control, independientes entre sí. Un sistema de supervisión y control para el servicio de Riego, y otro sistema de control para el servicio de abastecimiento. Adicionalmente, contará con supervisión y control local para la descarga de fondo de la presa principal, que incluye además la instrumentación geotécnica de la presa.

Los sistemas de control serán jerárquicos y distribuidos, los cuales tendrán como función permitir la supervisión y operación de los sistemas mecánicos y eléctricos del proyecto, los cuales incluyen compuertas, válvulas, bombas, y unidades oleo hidráulicas, ubicados en la descarga de la presa principal, y en las estaciones de bombeo.

Para cada uno de los sistemas de control en la presa se contemplan:

- Tablero para la descarga de fondo
- Tablero para descarga de usos servicio de riego
- Tablero para descarga de usos servicio de abastecimiento

Para cada una de las estaciones de bombeo, por cada uso (riego y abastecimiento):

- Tablero para la captación
- Tablero para las bombas en cada estación de bombeo

Cada sistema de control contará con una red de comunicaciones la cual servirá para integrar los dispositivos de control en los distintos sitios del proyecto. Se plantea que cada sistema de control cuente con un sistema de vigilancia por circuito cerrado de televisión CCTV y un sistema contra incendio SCI, los cuales serán integrados a la red de comunicaciones.

La operación de la cuenca se podrá hacer desde una estación de operación, donde se integren los sistemas de control, CCTV y SCI, para cada uno de los usos.

Teniendo en cuenta que las estructuras se podrán construir en etapas, la estación de operación de cada servicio será ubicada en la caseta de la primera estación de bombeo, del servicio correspondiente, que sea construida. Posteriormente, se plantea que las dos estaciones de operación sean ubicadas en la caseta de la Estación de Bombeo 4, dado que esta estación cuenta con los equipos mecánicos y eléctricos más robustos del proyecto, una vez ésta entre en operación.

6.2. CRITERIOS DE DISEÑO

6.2.1. Normas

Las siguientes normas, en su versión vigente, aplican para el diseño de nivel conceptual y posteriores etapas para los equipos y sistemas de control y comunicaciones

Sistemas de supervisión y control:

- IEC 61000: Electromagnetic compatibility
- IEC 61131: Standard for programmable controllers
- ANSI/ISA S5.1: Instrumentation symbols and identification
- IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

Redes:

- EIA/TIA-568B.1, "Standard Commercial Building Telecommunications Wiring Standard"
- EIA/TIA 606, "The administration Standard of the Telecommunications Infrastructure of Commercial Building"
- IEC 62443: Industrial Network and system security
- ITU-T G. 652: Characteristics of a single mode optical cable

- IEC 60794: Optical fibre cables
- ITU-R P-series, F-series, RS-series

6.2.2. Criterios generales

Los diseños se realizan según los siguientes criterios:

- Todos los equipos serán robustos, confiables y de última tecnología
- Los equipos electrónicos estarán protegidos frente a variaciones de la fuente de alimentación y descargas eléctricas
- Se consideran redundancias en los componentes críticos de los controladores tales como CPUs y fuentes de alimentación.
- El diseño se basa en sistemas y protocolos de comunicación no propietarios y abiertos.
- Todos los equipos serán resistentes a la corrosión y al uso, de acuerdo al ambiente del proyecto.
- Se consideran instrumentos redundantes para las medidas críticas.
- El suministro del equipo electrónico deberá ser comprado en una etapa avanzada del proyecto para asegurarse que la tecnología sea tan actual como sea posible al momento de la puesta en marcha de los equipos.

6.3. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control contará con 3 niveles jerárquicos como se muestra en la arquitectura general documento AZUSM-ES-TT-GRAL-06-001.

Nivel 0: Consta de los instrumentos y equipos mecánicos, los cuales serán integrados en el tablero de nivel 1 del subsistema correspondiente.

Nivel 1: Conformado por los tableros de control y fuerza de cada unidad oleo hidráulica y de las bombas de cada estación de bombeo. A estos tableros se integran las señales de los instrumentos y equipos eléctricos asociados al subsistema. Cada subsistema opera independientemente desde su correspondiente tablero de nivel 1. Los tableros de nivel 1 recibirán las consignas de operación, para el caso donde aplique operación automática, las cuales podrán ser ingresadas de forma local en el tablero o de forma remota desde el nivel 2 de control.

Nivel 2: El nivel de control 2 corresponde a las estaciones de operación desde las cuales se podrán supervisar los tableros de nivel 1 del uso correspondiente. También será posible generar consignas de operación desde esta estación hacia cada tablero que cuente con operación remota de nivel 1.

6.3.1. Modos de control y filosofía de operación

Para el nivel de control 1, el sistema de control contará con los siguientes modos de control:

- Local-Manual: En el modo de control local-manual, el operario podrá accionar los equipos mecánicos asociados al tablero de nivel 1 correspondiente, por medio de las interfaces físicas de cada tablero. Para realizar la operación, estarán disponibles para el operario las señales provenientes de cada instrumento del subsistema, las cuales serán visibles en el tablero. El controlador del tablero contará con los enclavamientos mínimos para permitir la operación segura del subsistema.
- Local-Automático: En el modo de operación local-automático, el controlador de cada tablero de nivel 1 será el responsable de generar los comandos hacia los equipos mecánicos basándose en las lecturas de los instrumentos, en las curvas de operación de los equipos y en la consigna de operación que podrá recibir de forma local o remota.
- Remoto: Este será el modo normal de operación, en el que se recibirán las consignas desde el nivel 2 de control.

Para el nivel de control 2, el sistema de control contará con el siguiente modo de control:

- **Local-Manual:** En el modo de control local-manual, el operario podrá supervisar los tableros de nivel 1 y podrá enviar consignas de operación a los tableros de nivel 1 que cuenten con modo de operación remota.

Referirse al Volumen Hídrico de este informe de diseño para ver la filosofía de operación de los distintos sitios del proyecto.

6.3.2. Instrumentación

Cada subsistema contará con la instrumentación que permita la operación segura del mismo.

Todas las unidades oleohidráulicas del proyecto contarán con instrumentación para medir temperatura, nivel y presión de las cubas y los circuitos de aceite. Todas las compuertas y válvulas de regulación de caudales de agua contarán con instrumentos de posición. Todos los actuadores eléctricos contarán con señales de salida que indiquen el estado del actuador.

Para el reservorio, por cada servicio (descarga de fondo, descarga de usos para riego, y descarga de usos para abastecimiento), habrán instrumentos redundantes de medición de nivel.

En la captación de cada estación de bombeo se contará con instrumentos de medición de nivel en la bocatoma, instrumentos de medición de nivel de sedimentos en los desarenadores, y medición de nivel redundante en los tanques de carga.

Las válvulas y compuertas que requieran apertura con equilibrio de presiones contarán con instrumentos de medición de presión del agua, aguas arriba y aguas abajo para verificar el equilibrio de presiones.

6.4. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

Al tablero de nivel 1 de la descarga de fondo se integrará la instrumentación geotécnica mencionada en el Volumen Geotécnico de este informe de diseño.

6.5. RED DE COMUNICACIONES

Para cada servicio, el proyecto contará con una infraestructura de comunicaciones para el envío de información desde cada estación de bombeo y desde la zona de la presa principal hasta las estaciones de operación donde se centralizará la supervisión y el control.

Esta red contará con canales físicos y/o virtuales independientes para cada sistema (Control, CCTV, SCI).

6.6. SISTEMA DE CCTV

Cada servicio contará con vigilancia por circuito cerrado de televisión, la cual consistirá en cámaras a ser ubicadas en el interior de cada caseta de estación de bombeo, cada cámara de compuertas y válvulas, y cada caseta con unidades oleohidráulicas; del servicio correspondiente.

Las cámaras serán orientadas hacia los equipos mecánicos, los tableros eléctricos y los accesos.

Adicionalmente el proyecto contará con cámaras para vigilancia de la presa principal, su captación, su descarga de fondo, y el vertedero. Se contempla redundancia en estas cámaras para integrarlas a cada una de las dos estaciones de operación.

Los grupos de cámaras en cada sitio del proyecto serán agrupados hasta un rack de CCTV ubicado en el sitio correspondiente. Desde este rack de CCTV se realizará la conexión a la red de comunicaciones. En la misma ubicación de las estaciones de operación, habrá un sistema de grabación y administración de video que permita gestionar el contenido de las cámaras, por usuario, y permita integrarlo a la estación de operación del usuario correspondiente.

6.7. SISTEMA CONTRA INCENDIO SCI

El proyecto contará con un sistema contra incendio el cual estará conformado como se indica en el Volumen Mecánico de este informe de diseño.

Para cada sitio a ser protegido, se contará con un panel contra incendio PCI. Todos los instrumentos requeridos para la detección de incendios serán cableados al PCI local el cual será independiente de los otros PCI y generará las acciones de alarma y extinción para el recinto protegido, por sí mismo.

Para cada usuario, en los sitios del proyecto que correspondan a su servicio, cada PCI generará señales de estado y supervisión que serán enviadas por medio de la red de comunicaciones hasta un PCI principal, para cada usuario, ubicado en la misma ubicación de las estaciones de operación. Este PCI principal generará alarma y reportes que serán integrados a la estación de operación del usuario correspondiente.

6.7.1. Criterios de diseño del sistema contra incendio SCI

La funcionalidad de este subsistema será la de preservar la vida humana, como primer objetivo, los activos más importantes del proyecto como segundo objetivo y disminuir el lucro cesante como tercer objetivo. Por lo tanto, se diseñan sistemas que permitan una detección temprana de conatos de incendio y una anunciación oportuna al personal cercano y al personal de operación.

El sistema se define del tipo direccionable, por lo que se considera un panel de detección de incendio, dispositivos de inicialización y anunciación de alarma, automáticos y manuales.

Para la ubicación del panel de detección se considera las áreas de circulación de ocupación permanente. En caso que el sitio no disponga de estas zonas, se considera la instalación de un anunciador remoto en el área asignada al personal de vigilancia.

El cableado del sistema se plantea por ductos independientes a otras redes, según lo requerido por la NFPA 70.

6.7.2. Normas para el sistema contra incendio SCI

Para el sistema de detección y alarma de incendio aplican las siguientes normas:

- NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- NFPA 14, Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems
- NFPA 20, Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
- NFPA 70, National Electric Code
- NFPA 72, National Fire Alarm and Signaling Code
- NFPA 92, Standard for Smoke Control Systems
- NFPA 101, Life Safety Code
- NFPA 170, Standard for Fire Safety and Emergency Symbols