

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

PLAN DE PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA REMOTO  
QUE EJECUTE LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y EL CONTROL SUPERVISORIO  
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CUBUJUQUÍ.

SUSTENTANTE  
EITHEL OSEGUEDA GÓMEZ

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MASTER EN ADMINISTRACIÓN  
DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

Marzo 2012

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
(UCI)

ESTE PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN FUE APROBADO POR LA  
UNIVERSIDAD COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE  
MASTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

---

Ing. Carlos Brenes Mena, MAP  
PROFESOR TUTOR

---

Ing. Eddy Ramírez, MAP  
LECTOR No.1

---

Ing. Carlos Luis Murillo Blanco, MBA  
LECTOR No.2

---

Eithel Osegueda Gómez  
SUSTENTANTE

## **DEDICATORIA**

A mi Padre Celestial y a la Virgen Santísima, por la luz que alumbró mis proyectos, por darme paciencia, salud y sabiduría en la culminación de mis sueños.

A mi esposa Cristabel, quien con intuición y generosidad me impulsó y apoyó para realizar este trabajo. Gracias por su amor, apoyo, comprensión, sacrificio, por ser la persona que ha transformado mi vida y la ha llenado de satisfacción y espiritualidad.

A mis hijos Gahel y Carissa, por el sacrificio, porque son parte de mi vida, ellos han sido un estímulo angelical y motivación para culminar este grandioso trabajo.

A mi madre querida Eladia, quien me apoyó incondicionalmente, brindándome cariño y fortaleciéndome siempre para continuar, sé que está orgullosa y gozosa de mi triunfo.

A mi padre Aníbal y mi hermano Greyvin, por confiar en mí y desear que mis proyectos se hicieran realidad.

A mis amigos Allen, Guido, Jose y Marcelino por tener gran confianza en mí y darme palabras de aliento y fortaleza.

A todos, que Dios les bendiga y Gracias...

## ÍNDICE GENERAL

HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	vii
TABLA DE CUADROS.....	ix
ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PROBLEMÁTICA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1.1 Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos.....	7
2.1.2 Planta Hidroeléctrica Cubujuquí.....	10
2.1.2.1 Fuentes de Abastecimiento.....	12
2.1.2.2 Obras de Conducción.....	13
2.1.2.3 Casa de Máquinas.....	14
2.1.2.4 Subestación.....	16
2.1.2.5 Líneas de Transmisión.....	16
2.1.3 Centro de Control de COOPELESCA.....	17
2.1.3.1 Unidad de Despacho.....	17
2.1.3.2 Unidad de Distribución.....	18
2.1.3.3 Unidad de Monitoreo.....	18

2.1.3.4	Unidad de Proyección .....	19
2.1.3.5	Unidad de Análisis.....	19
2.1.3.6	Unidad de Instrumentación.....	19
2.1.3.7	Unidad de Integración .....	20
2.1.4	Sistemas SCADA.....	21
2.2	ADMINISTRACION DE PROYECTOS.....	24
2.2.1	Proyecto.....	24
2.2.2	Grupo de Procesos de Iniciación .....	28
2.2.2.1	Identificar los involucrados .....	28
2.2.3	Grupo de Procesos de Planificación.....	29
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	31
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.1.1	Investigación Descriptiva .....	31
3.1.2	Investigación Documental.....	32
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	32
3.2.1	Método Analítico – Sintético .....	32
3.2.2	Método de Observación Directa .....	33
3.2.3	Método de Observación por entrevista .....	33
3.2.4	Método Objetivo – Subjetivo.....	33
3.3	SUJETOS DE ESTUDIOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN .....	33
3.4	PROCEDIMIENTOS POR ENTREGABLES .....	35
3.4.1	Técnicas y herramientas.....	35
3.4.2	Instrumentos .....	35
4.	DESARROLLO.....	38
4.1	GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN.....	38
4.1.1	Proceso de Iniciación.....	38
4.1.1.1	Acta de constitución del proyecto.....	38
4.1.1.2	Identificar los involucrados .....	39
4.1.2	Proceso de Planificación.....	40
4.1.2.1	Plan de Gestión del Proyecto .....	40
4.2	GESTIÓN DEL ALCANCE .....	41
4.2.1	Recolectar Requerimientos.....	41
4.2.1.1	Descripción del Producto.....	41
4.2.1.2	Enlace con el Centro de Control.....	43
4.2.1.3	Arquitectura del Sistema .....	44
4.2.1.4	Protocolos de comunicación.....	45
4.2.1.5	Red de Control .....	45
4.2.1.6	Gabinete de comunicaciones .....	46
4.2.1.7	Medidores de Variables.....	47

4.2.1.8	PLC's .....	47
4.2.1.9	Aplicaciones por parte del Proveedor.....	48
4.2.1.10	Sistema de Video y Vigilancia .....	50
4.2.2	Planificación del Alcance .....	51
4.2.3	Estructura de Desglose del Trabajo.....	54
4.3	GESTIÓN DEL TIEMPO .....	56
4.3.1	Identificación de las Actividades .....	56
4.3.2	Secuencia de las Actividades .....	56
4.3.3	Duración de las Actividades.....	57
4.4	GESTIÓN DEL RECURSO HUMANO .....	58
4.5	GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES.....	64
4.6	INTEGRACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.....	70
5.	CONCLUSIONES.....	80
6.	RECOMENDACIONES .....	82
7.	BIBLIOGRAFIA .....	84
8.	ANEXOS .....	85
Anexo 1.	Charter del Proyecto .....	85
Anexo 2.	Estructura De Desglose del Trabajo para el Proyecto Final de Graduación. 89	
Anexo 3.	Cronograma del Proyecto Final de Graduación. ....	90
Anexo 4.	Línea de Transmisión de Cubujuquí. ....	92
Anexo 5.	Diseño en sitio de Cubujuquí. ....	93
Anexo 6.	Imágenes de la Etapa de Movimientos de Tierra y Construcción de Obra Civil de Cubujuquí. ....	94
Anexo 7.	Áreas del Departamento del Centro de Control. ....	95
Anexo 8.	Esquema de una Central Hidroeléctrica.....	96
Anexo 9.	Fases que intervienen en el proceso de Integración de Sistemas. 97	
Anexo 10.	Gestión de la Información de los Sistemas SCADA en COOPELESCA. ....	98
Anexo 11.	Cronograma del Proyecto. ....	99

## TABLA DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1. ÁREA DE CONCESIÓN DE COOPELESCA.....	9
FIGURA 2. APORTE DE LA ENERGÍA DE CUBUJUQUÍ EN LA DEMANDA DE COOPELESCA. .....	11
FIGURA 3. CICLO DE VIDA TÍPICO DE UN PROYECTO.....	26
FIGURA 4. ENLACE DEL CENTRO DE CONTROL Y LA PLANTA CUBUJUQUÍ. ....	43
FIGURA 5. ARQUITECTURA DE CONTROL DE LA PLANTA DE CUBUJUQUÍ.....	44
FIGURA 6. DIAGRAMA DE VIDEO Y SENSOR DE NIVEL.....	46
FIGURA 7. PLANTILLA DE LA DECLARACIÓN DEL ALCANCE DE TRABAJO. ....	53
FIGURA 8. ESTRUCTURA DE DIVISIÓN DEL TRABAJO DEL PROYECTO SCADA CUBUJUQUÍ. .....	55
FIGURA 9. ORGANIGRAMA DEL PROYECTO DEL SCADA REMOTO. ....	63
FIGURA 10. PLANTILLA DE LA MINUTA.....	68
FIGURA 11. PLANTILLA DE CONTROL DE SOLICITUD DE CAMBIO.....	69
FIGURA 12. PANTALLA PRINCIPAL. ....	70
FIGURA 13. PANTALLA DE ARQUITECTURA DE CONTROL. ....	71
FIGURA 14. PANTALLA DE ELEMENTOS IMPORTANTES DE LA PLANTA. ....	71
FIGURA 15. PANTALLA DE ARRANQUE. ....	72
FIGURA 16. PANTALLA DE PARO. ....	72
FIGURA 17. PANTALLA DE DIAGRAMA DE PROTECCIONES.....	73
FIGURA 18. PANTALLA DE CORRIENTE ALTERNA. ....	73
FIGURA 19. PANTALLA DEL DIAGRAMA DE SUBESTACIÓN. ....	74
FIGURA 20. PANTALLA DE DRENAJE Y ACHIQUE. ....	74
FIGURA 21. PANTALLA DE LA TURBINA.....	75
FIGURA 22. PANTALLA DE COMPUERTAS EN LA TOMA. ....	75
FIGURA 23. PANTALLA DEL GENERADOR. ....	76
FIGURA 24. PANTALLA DE LUBRICACIÓN. ....	76
FIGURA 25. PANTALLA DE RELÉS DE BLOQUEO. ....	77
FIGURA 26. PANTALLA DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN. ....	77

FIGURA 27. PANTALLA DE HISTOGRAMAS. ....	78
FIGURA 28. PANTALLA DE TRANSFORMADOR ELEVADOR DE VOLTAJE. ....	78
FIGURA 29. PANTALLA PARA LA DEFINICIÓN DE VARIABLES. ....	79



## TABLA DE CUADROS

CUADRO 1: ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN ANUAL DE ENERGÍA DE CUBUJUQUÍ.....	10
CUADRO 2: FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE CUBUJUQUÍ. ....	13
CUADRO 3: CUADRO DE RELACIÓN ENTRE GRUPOS DE PROCESO Y ÁREAS DEL CONOCIMIENTO CON BASE A LA RESOLUCIÓN DEL PROYECTO.....	27
CUADRO 4: CUADRO DE RESUMEN PARA EL MARCO METODOLÓGICO. ....	36
CUADRO 5: FUNCIONES DE LOS INVOLUCRADOS. ....	39
CUADRO 6: MATRIZ DE ROLES Y RESPONSABILIDADES. ....	58
CUADRO 7: MATRIZ DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO.....	65

## **ABREVIATURAS**

**SCADA:** Es un acrónimo por Supervisory Control And Data Acquisition (Control y Adquisición de Datos de Supervisión). Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnología de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos procesos son partes integrales de centrales que se ubican geográficamente dispersos para recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable.

**PLC:** Controlador lógico programable.

**Survalent:** Es la aplicación encargada de realizar el control, monitoreo y adquisición de datos de la red de distribución en Coopelesca.

**Wonderware:** Es la aplicación encargada de realizar el control, monitoreo, y adquisición de datos de las plantas hidroeléctricas de Chocosuela.

**ICE:** Instituto Costarricense de Electricidad.

**SEN:** Sistema Nacional Eléctrico

**CENCE:** Centro Nacional de control de energía.

**Empresa de Distribución:** Persona jurídica concesionaria que suministra el servicio eléctrico en la etapa de distribución.

**Línea de distribución:** Disposición de apoyos, ductos, conductores, aisladores y accesorios para distribuir electricidad, en forma aérea o subterránea, para su uso final, a una tensión igual o inferior a 34,5 kV.

**Red eléctrica:** Conjunto de dispositivos, en un sistema de potencia, mediante el cual se transporta la energía eléctrica desde los centros de producción y se distribuye a los abonados o usuarios.

**Disponibilidad:** Condición de un elemento o sistema para estar en situación de cumplir con su función requerida en un instante dado o durante un intervalo dado, y sin alterar las condiciones de calidad y confiabilidad del sistema de generación.

**Automatización:** Operación que, en un proceso de fabricación o en la maniobra de algún aparato, tiende a reemplazar al hombre por mecanismos más rápidos y precisos.

**Interfaz Hombre Máquina (IHM):** una interfaz es el punto, el área, el equipo o la superficie a lo largo de la cual dos cosas de naturaleza distinta convergen, en este caso el operador y el sistema de control.

**Protocolo:** Se les llama protocolo de red o protocolo de comunicación al conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.

**Potencia Activa:** La cantidad de potencia que a efectos prácticos está consumiendo el sistema de forma útil.

**Potencia Reactiva:** Es la potencia que no se traduce en trabajo útil, pero representa la interacción de la energía magnética que hace posible el funcionamiento de las máquinas eléctricas. Se representa en los sistemas de potencia como una reactancia.

**Potencia Aparente:** Es la potencia suministrada por la fuente de la energía y se obtiene como la suma fasorial de la potencia activa y reactiva. El conjunto de ello forma el llamado triángulo de potencia.

**Energía:** Unidad de medición que cuantifica una cantidad de corriente por una cantidad de tiempo. Es una medición promedia de carga y consumo eléctrico registrado durante un periodo de lectura de 60 minutos.

**Demanda:** La demanda de una instalación o sistema es la carga en las terminales receptoras tomada en un valor medio a determinado intervalo.

**Demanda Máxima:** Corresponde a la lectura máxima de consumo en Kilowatt registrada durante un periodo de lectura de 15 minutos.

**Consigna:** Valor de la potencia activa que debe alcanzar un generador.

**Horario Punta:** Horario en que la energía es más costosa, de 10:15 a.m. hasta las 12:30 p.m. y de 05:45 p.m. hasta las 08:00 p.m.

**Horario Valle:** Horario en que la energía es medianamente costosa, de 06:15 a.m. hasta las 10:00 a.m. y de 12:45 p.m. hasta las 05:30 p.m.

**Horario Noche:** Horario en que la energía es más barata, de 12:00 a.m. hasta las 06:00 a.m. y de 08:15 p.m. hasta las 12:00 a.m.

**Reconectador o Recloser:** Es un equipo electrónico, el cual conecta y/o desconecta de forma automática o manual el flujo eléctrico, además estos se pueden operar de forma remota.

**Subestación:** Conjunto de equipos eléctricos reunidos en un área física para transformar y transportar la energía eléctrica en tensiones elevadas.

**Cuchilla:** Interruptor que permite cortar o dar paso al flujo de corriente eléctrica.

**Voltio:** Unidad utilizada para medir la diferencia de potencial o tensión entre dos puntos de un circuito eléctrico. Su abreviatura es V.

**Vatio:** Unidad que representa la potencia eléctrica. Un kilovatio es igual a 1.000 vatios. Se representa por la letra W.

**Amperio:** Unidad de intensidad de la corriente eléctrica, cuyo símbolo es A. Representa el número de cargas (coulombs) por segundo que pasan por un punto de un material conductor (1 amperio = 1 coulomb/segundo).

**Conductor o cable:** Elemento rígido o flexible mediante el que se distribuye la electricidad en todas sus fases.

**m<sup>3</sup>/s: (Metro cúbico por segundo):** es la unidad derivada de caudal o flujo en el Sistema Internacional (SI). Equivale al caudal de un cubo con lados de un metro de longitud intercambiado (o movéndose) cada segundo. Popularmente se utiliza para el flujo de agua, especialmente en ríos y arroyos.

**SICAM:** Equipo utilizado para el control de automatización de subestaciones.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

COOPELESCA es una Cooperativa de electrificación rural ubicada en la zona Norte del país, fundada el 24 de enero de 1965 con 365 asociados. Ha fomentado el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica, en especial los que son mediante el uso de fuentes sostenibles con el medio ambiente para lograr satisfacer su área de concesión a través de una tarifa competitiva. La Cooperativa incursionó exitosamente en el área de generación eléctrica desde los años 90's, primeramente a través del Consorcio de Cooperativas de Electrificación de Costa Rica (Coneléctricas), mediante el desarrollo de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo. Posteriormente se desarrolló el Complejo Hidroeléctricas de Chocosuela con tres centrales, la Central Hidroeléctrica de Sigifredo Solís y actualmente está en construcción la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí ubicada en Horquetas de Sarapiquí, Heredia, la cual contará con una capacidad de 21,6 MW de potencia y 104,9 GWh de energía. En COOPELESCA existe un departamento llamado Centro de Control el cual tendrá la responsabilidad de organizar, monitorear y vigilar la generación de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí mediante un sistema centralizado implementado bajo la plataforma de Survalent.

Para el control de la operación de la Central de Cubujuquí se requiere un sistema que permita la visualización remota, es decir que toda la información relevante sea canalizada hasta el Centro de Control de COOPELESCA, para la manipulación adecuada de la información en la toma de decisiones y además para poder controlar las compras de energía al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

La generación de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí es un proceso de producción crítico, ya que al existir una falla en la red eléctrica requiere un tiempo de respuesta eficiente en su detección y actuación. Si no se tiene el mando adecuado se pueden sobrepasar los límites establecidos en las frecuencias y velocidades de los grupos de generación que podrían causar daños acumulables y hasta irreparables.

El Centro de Control de Coopelesca tiene la responsabilidad de desarrollar el Sistema SCADA Remoto de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí para la Adquisición de datos y el Control Supervisorio; con el objetivo de asegurar el éxito de este proyecto se visualizó la necesidad de tener un plan de gestión de proyecto que contemplara la información y acciones necesarias de forma planificada y ordenada.

Para cumplir con el desarrollo de lo expuesto anteriormente era necesario definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de desglose del trabajo, de esta forma, tener una visión clara de las labores a realizar. De igual forma era necesaria la definición de las actividades con sus estimaciones de tiempo, un plan de Recursos Humanos para identificar responsabilidades y una

estrategia de comunicación, que garantice en la etapa de ejecución, el flujo adecuado y pertinente de la información. Además, con el fin de tener claramente definido el producto que se busca se tomó la decisión de elaborar el diseño de las pantallas HMI del Sistema Remoto de Cubujuquí.

En la elaboración de la Planificación se desarrollaron las áreas del Conocimiento de: Integración, Alcance, Tiempo, Recurso Humano y Comunicaciones con base a su correspondencia en los grupos de Procesos de Iniciación y Planificación. Además se utilizó una investigación documental al menos en sus inicios, por medio de ella se logró obtener información más completa sobre el proyecto. Posteriormente la investigación fue descriptiva ya que se procedió a describir una posible solución.

El definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de división de trabajo permitió delimitar el campo de acción del equipo durante todas las etapas del proyecto así como lo que se debe entregar en cada una de ellas. Toda esta definición oportuna del alcance propició el identificar y gestionar una capacitación del personal del Centro de Control en los laboratorios de Voith Hydro, ubicados en Brasil, para las respectivas pruebas de las pantallas del sistema SCADA Central.

La definición clara de las actividades con sus estimaciones de tiempo y los productos entregables, facilitó la integración y compromiso del grupo de trabajo, hasta el punto que ya se tienen elaborados las posibles pantallas HMI del Sistema Remoto de forma estandarizada y se estará aprovechando la visita a Brasil para realizar pruebas de interconexión.

El haber desarrollado un plan de Recursos Humanos para identificar las responsabilidades, permitió que el equipo de trabajo se involucrara al 100%, hasta el punto de analizar oportunamente la arquitectura de control propuesta por la empresa Voith Hydro y tuvieron la iniciativa de visualizar que hacían falta agregar la lectura de algunas variables importantes para el control de la operación de la Central.

La estrategia de comunicación utilizada ha facilitado la labor del equipo de trabajo principalmente en las actividades que no son comunes y también ha facilitado la comunicación oportuna con otros departamentos de la empresa y proveedores propiciando una adecuada retroalimentación.

Siguiendo los pasos del equipo de trabajo de Mantenimiento y aprovechando la gran experiencia que ya se tiene en la parte de automatización de Sistemas SCADA, se recomienda continuar con la especialización del grupo de trabajo del Centro de Control, para que en un futuro, COOPELESCA brinde los servicios a otras empresas.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los sistemas SCADA son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

La planificación del SCADA Remoto de Cubujuquí se hará de forma tal, que contemple toda la información necesaria para que el proceso de producción de energía de la Central sea automatizado en su totalidad. Aunque el sistema de control y supervisión local de dicho proceso estará a cargo de la empresa Voith Hydro bajo la herramienta WinCC, el sistema de control y supervisión remota estará a cargo del Centro de Control de COOPELESCA bajo la herramienta de Survalent fundamentado en las buenas prácticas de la Administración de Proyectos.

En fin, el proyecto consiste en elaborar la planificación abarcando principalmente los procesos de Iniciación y Planificación en las áreas del Conocimiento de Integración, Alcance, Tiempo, Recursos Humanos y Comunicaciones.

Para el Centro de Control el desarrollo de una adecuada planificación de este proyecto se convierte en el elemento diferenciador que puede significar el éxito del mismo.

### **1.1 ANTECEDENTES**

COOPELESCA se fundó el 24 de enero de 1965 con 365 asociados. Inicia la distribución de energía eléctrica en el año de 1969, con una extensión de líneas de 259 kilómetros y 1.065 servicios en los siguientes lugares: Sucre, Buena Vista,



Aguas Zarcas, Venecia, Río Cuarto de Grecia, Pital, Veracruz, La Palmera, Florencia, Muelle, La Tigra y Peñas Blancas de San Ramón. C.R.

Posee en la actualidad un área servida de 4.956 Km<sup>2</sup>; electrificando el cantón de San Carlos, cantón de Sarapiquí de Heredia, la zona norte del cantón de San Ramón, Río Cuarto del cantón de Grecia, San Miguel de Sarapiquí de Alajuela y el distrito de San Jorge del cantón de Los Chiles.

La crisis energética que vive el país con el crecimiento de la demanda, el respaldo legal y compromiso cooperativo fomentan el desarrollo de proyectos que permitan la generación de energía eléctrica, en especial si se realiza mediante el uso de fuentes sostenibles con el medio ambiente, a este impulso al desarrollo de nuevos proyectos se le suma que COOPELESCA, cuenta con experiencia y es responsable de satisfacer con energía a su área de concesión contando con una tarifa competitiva.

COOPELESCA incursionó exitosamente en el área de generación eléctrica, primeramente a través del Consorcio de Cooperativas de Electrificación de Costa Rica (Coneléctricas), mediante el desarrollo de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, con un costo de US\$22.1 millones y una generación de 17 MW. De esta Central Hidroeléctrica, COOPELESCA es co-propietaria de un 45%. Posteriormente se desarrollaron las Centrales Hidroeléctricas Chocosuela 1, 2 y 3, propiedad 100% de ésta Cooperativa, las cuales tuvieron un costo de casi US\$32 millones y una capacidad de generación de 26 MW. Actualmente está en construcción la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí a través del Consorcio Cubujuquí en donde COOPELESCA es co-propietaria de un 99%, la cual tendrá una potencia aproximada de 21,6 MW y un costo de US\$39 millones.

La Central Hidroeléctrica de Cubujuquí se encuentra actualmente en la etapa de construcción específicamente en la fase de Movimientos de Tierras y Construcción de Obra Civil. Este proyecto se ubica en la Colonia Cubujuquí, Horquetas de

Sarapiquí, Heredia. Cuenta con una capacidad prevista de Potencia de 21,6 MW y de Energía 104,9 GWh. Actualmente se tiene ya firmado el contrato para la adquisición del equipo electromecánico con la empresa Voith Hydro de Brasil y el trabajo de montaje será realizado por personal de COOPELESCA. En el Anexo 5 y 6 se pueden observar algunas imágenes referentes a los avances de construcción de la Planta Cubujuquí.

Con la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Cubujuquí, COOPELESCA da un paso más para el desarrollo de su visión, ayudar al país a solventar la crisis energética y minimizar la generación de electricidad con plantas térmicas a base de hidrocarburos.

COOPELESCA cuenta con un departamento llamado Centro de Control, el cual se encarga de automatizar los equipos de la red de distribución y generación para monitorear el estado de los mismos. Además permite realizar maniobras en los procesos de producción en la red eléctrica y centrales de generación. Todo esto manejando un adecuado uso de las variables que se obtienen por medio de los Sistemas SCADA Remotos. En esta actividad se visualizan con mucha frecuencia eventos los cuales deben ser atendidos inmediatamente para no interrumpir la generación de las plantas y afectar la producción de las mismas.

Hoy en día el Centro de Control con su sistema de protección automática, es capaz de eliminar en pocos segundos las fallas temporales de la distribución eléctrica. Este Sistema está implementado bajo la plataforma de Survalent, basado en equipos computarizados que se comunican mediante una red de datos a las Estaciones Remotas instaladas en las Centrales Hidroeléctricas y a lo largo de toda la Red de Distribución de Energía Eléctrica.

Además se monitorea constantemente la cantidad de energía eléctrica que se demanda en la zona así como las variables de generación. Con esa información se logra determinar la potencia óptima que deben producir sus Centrales

Hidroeléctricas, para lograr un máximo aprovechamiento del agua y de la capacidad de los generadores, permitiendo reducir la cantidad de energía eléctrica que mensualmente COOPELESCA le compra al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

## **1.2 PROBLEMÁTICA**

El Centro de Control de COOPELESCA, tiene la responsabilidad de organizar, monitorear y vigilar la generación de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí en procesos tales como: la disponibilidad, el caudal necesario, el nivel de agua adecuado del embalse, y gestionar el transporte de la energía generada hasta la red de distribución de COOPELESCA a través de Subestaciones y líneas de transmisión.

Con base a lo anterior, surge la necesidad de un sistema que permita la visualización remota, es decir que toda la información relevante sea canalizada hasta el Centro de Control de COOPELESCA, para la manipulación adecuada de la información y sobre todo para cumplir con la Regulación del Sistema Nacional Interconectado por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

A raíz de la problemática planteada se requiere aplicar los conocimientos adquiridos en la Maestría de Administración de Proyectos y desarrollar una adecuada planificación que contenga la información y acciones necesarias para la implementación de un SCADA Remoto.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La generación de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí es un proceso de producción crítico, ya que al existir una falla en la red eléctrica requiere un tiempo de respuesta eficiente en su detección y actuación. Si no se tiene el mando adecuado se pueden sobrepasar los límites establecidos en las frecuencias y velocidades de los grupos de generación que podrían causar daños acumulables y

hasta irreparables. Un tiempo lento de respuesta también puede generar un retraso en el ingreso de las unidades de generación al sistema nacional interconectado, esa operación puede crear repercusiones en las máximas demanda de la Cooperativa, con lo que se obtendrían penalizaciones por parte del ente regulador del mercado.

Es necesario crear un sistema de control Remoto para la planta de Cubujuquí que facilite la eficiencia, calidad y confiabilidad del proceso de operación y mantenimiento de los dispositivos que intervienen en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

El éxito de este proyecto es estratégico para COOPELESCA, con base a ello se necesita elaborar una planificación adecuada que contemple la información necesaria para la implementación de un sistema de control Remoto para la Planta Cubujuquí. Este sistema debe ser eficiente, asegurar la calidad y confiabilidad en todos los procesos de operación y mantenimiento de los dispositivos que intervienen en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Además, lograr una mayor rapidez en la visualización de alarmas, en el conocimiento de las variables del proceso y en la modificación de los puntos de consigna en tiempo real.

Una vez implementado el SCADA Remoto se facilitaría el control y monitoreo por medio de las instrucciones de operación desde el Centro de Control ubicado en las instalaciones centrales de COOPELESCA. De esta forma se podría hacer frente a las variaciones de la demanda y a las indisponibilidades de los generadores. Además permitiría programar la producción de la central hidroeléctrica y por ende las compras al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). O sea, será un recurso importante de información, ya que proporcionará datos de forma oportuna en la cual se basarán las decisiones económicas cotidianas.

Para el desarrollo de la planificación del Proyecto del SCADA Remoto se deben alcanzar los objetivos que se describen en la próxima sección.

#### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un plan de gestión de proyecto que contenga la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada de un Sistema Remoto que se encargue de la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.

#### **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

A continuación se presentan los objetivos específicos para desarrollar y cumplir con el objetivo general anteriormente expuesto:

- Definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de desglose del trabajo para tener una clara visión de las labores a realizar y ejecutar el proyecto de forma exitosa.
- Definir las actividades con sus estimaciones de tiempo que precisen los productos entregables para que guíen el accionar en el Proyecto de Desarrollo del SCADA Remoto Cubujuquí.
- Desarrollar un plan de Recursos Humanos para identificar responsabilidades y delimitar el rol de cada recurso involucrado en el proyecto.
- Desarrollar una estrategia de comunicación que garantice el flujo adecuado y pertinente de la información para evaluar las oportunidades y deficiencias en un tiempo oportuno, definiendo las necesidades de información para cada recurso del proyecto.
- Elaborar el diseño de las pantallas de HMI para el Sistema de Control Remoto Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí integrado a la plataforma del Centro de Control de COOPELESCA.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MARCO REFERENCIAL

Con el objetivo de dejar claro al lector el marco de referencia de esta tesina se describen los siguientes temas:

- **Cooperativa de electrificación Rural de San Carlos:** en este rubro se desea describir la ubicación, geografía y características institucionales de la empresa donde se desarrollará el proyecto.
- **Planta Hidroeléctrica de Cubujuquí:** en este apartado se describe al lector las partes que constituyen un complejo hidroeléctrico de forma que facilite la comprensión de la importancia y funcionalidad de este proyecto.
- **El Centro de Control de COOPELESCA:** con esto se desea describir específicamente el departamento en donde se llevará a cabo el proyecto, ya que es el principal involucrado por ser prácticamente el equipo de trabajo encargado de su implementación.
- **Sistema SCADA:** por último se quiere explicar en qué consisten los sistemas SCADA, sus componentes y cuál es su funcionalidad estratégica en la empresa.

#### 2.1.1 Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos

Se fundó el 24 de enero de 1965, conocida como COOPELESCA R.L, con la participación de 365 asociados y un capital inicial de ¢45.750.00 colones.

Inicia su distribución de energía eléctrica en el año de 1969, con una extensión de líneas eléctricas de 259 kilómetros y 1.065 servicios en comunidades como: Sucre, Buena Vista, Aguas Zarcas, Venecia, Río Cuarto de Grecia, Pital, Veracruz, La Palmera, Florencia, Muelle, La Tigra y Peñas Blancas de San Ramón.

En la década de los 80's COOPELESCA R.L tomó en su totalidad el alumbrado público, antes administrado por las municipalidad de los diferentes cantones que sirve la Cooperativa.

Asumió un medio de comunicación televisivo denominado TV Norte Canal 14-16, como una alternativa más de comunicación para los habitantes de gran parte de la Zona Norte.

La Cooperativa incursionó exitosamente en el área de generación eléctrica, primeramente a través del Consorcio de Cooperativas de Electrificación de Costa Rica (Coneléctricas), mediante el desarrollo de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo. De esta Central Hidroeléctrica, COOPELESCA es co-propietaria de un 45%.

En los 90's inició el desarrollo de la Central Hidroeléctrica Chocosuela 1, 2 y 3, propiedad 100% de los asociados de ésta Cooperativa, la cual tuvo un costo de casi US \$32 millones y una capacidad de generación de 25.5 MW.

En el año 2007 la Cooperativa inicia con el proyecto de Infocomunicaciones que busca contribuir a la disminución de la brecha digital en la región, es así como el 27 de octubre del 2007 inicia oficialmente con la comercialización de los servicios de Internet de RACSA vía COOPELESCA y TV por cable analógica como aliada de Súper Cable. A partir del 01 de diciembre del 2008 la Cooperativa inicia con la prestación de TV Digital con contenido propio.

El 23 de noviembre del 2007 se inaugura el Almacén de Materiales Eléctricos y Electrodomésticos, ofreciendo a los asociados bajos precios y atractivas facilidades de financiamiento.

En el 2008 COOPELESCA incursiona en la venta de seguros por medio de la Comercializadora Coriem.

Actualmente está en construcción la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí a través del Consorcio Cubujuquí en donde COOPELESCA es co-propietaria de un 99%, la cual tendrá una potencia aproximada de 21,6 MW y un costo de US\$39 millones.

COOPELESCA R.L a través del servicio de electricidad, alumbrado público, televisión, Internet, seguros y venta de materiales eléctricos y electrodomésticos ha cumplido con su responsabilidad social de estimular el desarrollo en todos los cantones y distritos de su área de cobertura.

La siguiente Figura 1, muestra un esquema general de la concesión de COOPELESCA en el territorio nacional:



**Figura 1. Área de Concesión de COOPELESCA.**

**Fuente: Imágenes COOPELESCA.**

Esta Cooperativa ha contribuido mejorando la calidad de vida de sus asociados a través de un servicio eléctrico a bajo costo y de calidad.



### 2.1.2 Planta Hidroeléctrica Cubujuquí

La planta Hidroeléctrica de Cubujuquí desea aprovechar la energía hidráulica obtenida por el movimiento del agua del río Puerto Viejo para producir energía eléctrica.

El agua, por sus condiciones de masa y velocidad, produce un empuje que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en mecánica. Ésta se propaga a los generadores acoplados a las turbinas.

Los generadores producen energía eléctrica, la cual pasa a la subestación contigua o cerca de la planta. La subestación eleva la tensión o voltaje para que la energía llegue a la Subestación ubicada en Chilamate. Este proceso será conducido desde el Centro de Control de COOPELESCA.

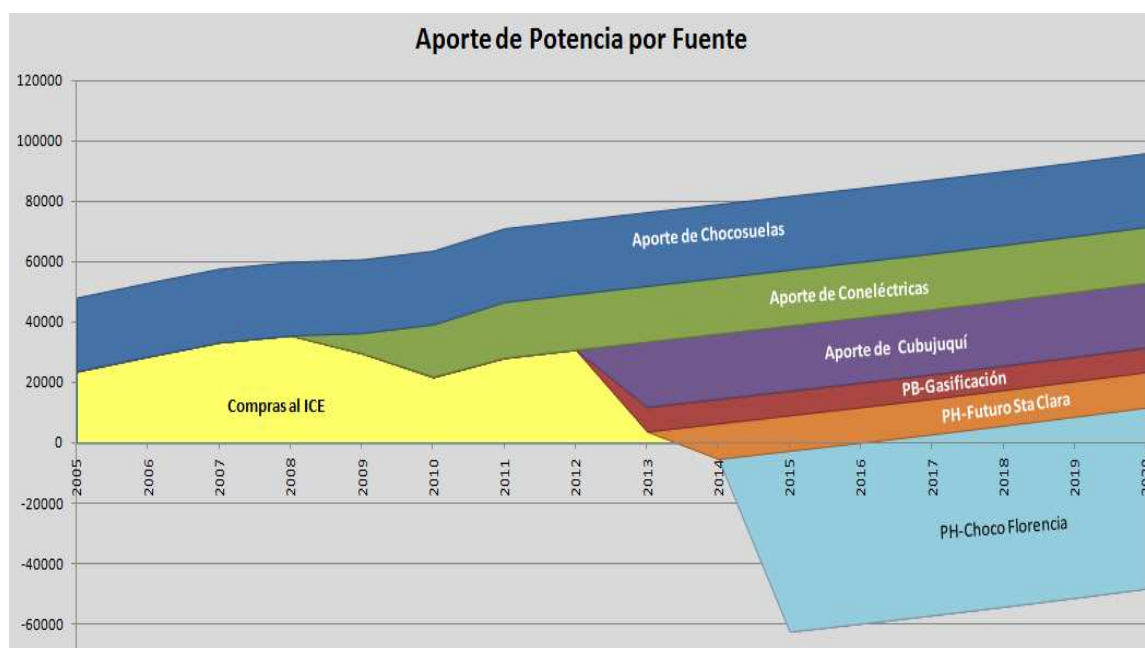
El siguiente Cuadro 1, muestra las unidades de producción en energía estimados durante los meses del año 2013 por parte de la Central de Cubujuquí:

**Cuadro 1: Estimación de producción anual de energía de Cubujuquí.**

Energía de Cubujuquí (Kwh)				
	Punta	Valle	Noche	Total
<b>Enero</b>	3.348.000	3.451.484	935.636	7.735.120
<b>Febrero</b>	3.024.000	2.136.502	245.000	5.405.502
<b>Marzo</b>	3.348.000	1.513.195	38.750	4.899.945
<b>Abril</b>	3.240.000	1.464.382	37.500	4.741.882
<b>Mayo</b>	3.348.000	2.365.413	271.250	5.984.663
<b>Junio</b>	3.240.000	3.793.745	905.455	7.939.200
<b>Julio</b>	3.348.000	5.241.142	2.215.091	10.804.233
<b>Agosto</b>	3.348.000	5.241.142	2.215.091	10.804.233
<b>Septiembre</b>	3.240.000	4.164.873	1.498.636	8.903.509
<b>Octubre</b>	3.348.000	4.516.756	1.697.955	9.562.711
<b>Noviembre</b>	3.240.000	5.278.255	2.295.682	10.813.936
<b>Diciembre</b>	3.348.000	5.752.473	2.582.864	11.683.336
<b>Total</b>	<b>39.420.000</b>	<b>44.919.360</b>	<b>14.938.909</b>	<b>99.278.269</b>

Fuente: Estimaciones 2013 del Centro de Control.

La generación actual de COOPELESCA es de un 45.12% con respecto a su demanda total de energía, pero con la entrada en operación de este proyecto para diciembre de 2012 se proyecta lograr un 89,36% de la demanda como lo muestra la Figura 2:



**Figura 2. Aporte de la Energía de Cubujuquí en la demanda de COOPELESCA.**

**Fuente: Estimaciones 2013 del Centro de Control.**

A continuación se enlistan las principales partes que constituyen el proyecto Hidroeléctrico de Cubujuquí y que serán fuente importante de información para el sistema SCADA remoto: (Ver Anexo 8).

- Fuentes de Abastecimiento
- Obras de Conducción
- Casa de Máquinas
- Subestación
- Líneas de Transmisión

### **2.1.2.1 Fuentes de Abastecimiento**

La fuente de abastecimiento de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí está basada en la afluencia del río Puerto Viejo y la quebrada Quebradón. El Río Puerto Viejo desemboca en la Subvertiente Norte, que forma parte de la Vertiente del Caribe. Nace en la parte alta de la Cordillera Central, cerca del Volcán Barva, a una elevación aproximada de 2660 msnm, donde se conoce como Río Sardinal y en las faldas del Cerro Cacho Negro, a 1700 msnm. La Quebrada Quebradón también nace en las cercanías del Cerro Cacho Negro a 1600 msnm. La zona de nacimiento de ambos está protegida porque pertenece al Parque Nacional Braulio Carrillo.

La cuenca que forman ambas corrientes presenta una forma alargada, orientada en dirección suroeste a noreste, según su eje longitudinal mayor. Son las que permitirán que la planta se mantenga trabajando aportando sus aguas a un embalse de 320.000 mtrs<sup>3</sup>, el cual es muy importante para que la distribución de agua no se vea afectada por los cambios de los caudales de los ríos.

El embalse se logrará por la excavación del terreno natural y la conformación de un terraplén con el suelo excavado, que servirá de piso en la zona de relleno, posteriormente se conformará el dique de cierre. La formación donde se ubica el embalse es moderadamente permeable por lo que será recubierto por una capa de geomembrana de polietileno de alta densidad.

Además se considera construir una presa y toma aguas abajo de los desfogues de la planta Doña Julia, con lo que se logra la independencia energética de la segunda planta con respecto a la primera.

Es fundamental para el Centro de Control de COOPELESCA, una vez construido el proyecto, contar las variables en tiempo real de los caudales registrados en la toma, caudal utilizable en el canal de conducción y la fluctuación del almacenamiento del embalse. Para ello es importante que se tomen en cuenta en la fase de planificación para que los equipos instalados a lo largo de la Toma,

Canal y Embalse faciliten la comunicación con el Sistema Remoto de Monitoreo y Control.

A continuación en el Cuadro 2 se describen los caudales estimados por el Centro de Control que aportarían cada uno de los ríos en los diferentes meses del año. Los valores son medidos en metros cúbicos durante un periodo de tiempo de un segundo.

**Cuadro 2: Fuentes de Abastecimiento de Cubujuquí.**

	<b>Caudal del río Puerto Viejo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal Ecológico (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal del río Quebradón (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal Total (m<sup>3</sup>/s)</b>
Enero	11,90	1,30	1,50	12,10
Febrero	9,50	1,30	1,00	9,20
Marzo	7,50	1,30	1,00	7,20
Abril	7,40	1,30	1,00	7,10
Mayo	9,70	1,30	1,00	9,40
Junio	13,00	1,30	1,50	13,20
Julio	16,10	1,30	1,50	16,30
Agosto	16,20	1,30	1,50	16,40
Septiembre	13,90	1,30	1,00	13,60
Octubre	14,40	1,30	1,00	14,10
Noviembre	16,60	1,30	1,50	16,80
Diciembre	17,30	1,30	1,50	17,50
<b>Promedio</b>	<b>12,79</b>	<b>1,30</b>	<b>1,25</b>	<b>12,74</b>

**Fuente: Estimaciones 2013 del Centro de Control.**

### 2.1.2.2 Obras de Conducción

Las obras de conducción de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí son las que transportan el agua desde la toma hasta las turbinas y se encuentran seccionadas en:

**Canal:** se construirá un canal de sección rectangular de 3.65 m de base y 4 m de altura, con una longitud de 1.750 m que va desde la toma hasta el Embalse. Será construido en concreto reforzado, con una pendiente de 1%.

**Túnel:** se requerirán tramos de conducción debajo del suelo solo en casos de pasos de caminos y pasos de quebradas.

**Tubería de Presión:** esta corresponde a la parte final de la conducción capaz de soportar las presiones internas causadas por el agua, además por ser enterrada su impacto sobre el medio ambiente será mínimo; en su llegada a la casa de máquinas, la tubería se bifurcará usando un bifurcador de acero para suministrar el agua a cada turbina. Tendrá una longitud de 2.970 m.

Para cada una de las obras de conducción se requiere que se instalen sensores que verifiquen el buen estado de las mismas y el caudal que fluye en ellas. Estos sensores deben ser enlazados con los sistemas SCADA tanto local como remoto.

### 2.1.2.3 Casa de Máquinas

La casa de máquina es el lugar donde se produce la energía eléctrica, consta de una sala de control en donde se monitorea la producción de las unidades turbogeneradoras.

La casa de máquinas costa principalmente de tres partes: las Unidades Turbogeneradoras, Los Generadores y La Sala de Control.

**Las Unidades Turbogeneradores:** están constituidas por la unión de una turbina y un generador. Las turbinas es el elemento que se encarga de transformar la energía hidráulica en mecánica para accionar al generador.

La central de Cubujuquí alojará dos turbinas Francis de eje horizontal acopladas directamente a los generadores y todo el equipo de protección y control. En ellas

el agua incide de costado y el chorro cae verticalmente para lograr una producción máxima de 10,8 Mw para cada una.

Al final de la tubería de presión y antes de la entrada de agua a cada unidad, habrá una válvula de mariposa.

Una vez que el agua ha movido la turbina, pasa al desfogue; o sea, al sitio de salida de la planta, que está constituida por un canal que conduce las aguas nuevamente al río Puerto Viejo.

**Los Generadores:** se instalarán dos generadores encargados de transformar la energía mecánica en eléctrica. Están formados básicamente por dos elementos: uno fijo llamado estator y otro que gira alrededor de éste llamado rotor. Esta acción genera un campo magnético el cual produce energía eléctrica

La corriente eléctrica se origina en el campo magnético establecido entre el rotor y el estator; al girar el rotor impulsado por la turbina se rompe el campo magnético produciéndose una corriente de electrones. Esta corriente se induce a relativamente bajo voltaje, por lo que se envía al transformador de potencia, el cual sube el voltaje a un valor de 64 KV para que se efectúe la transmisión hasta los centros de consumo.

El fenómeno físico mediante el cual se obtiene la energía eléctrica se denomina inducción electromagnética.

Para garantizar el adecuado funcionamiento de los generadores es necesario controlar todas las variables de control, temperaturas, alarmas por medios de los sistemas SCADA.

**Sala de Control:** La sala de control es el sitio donde un operador se encarga de controlar el proceso total de la planta mediante un sistema SCADA local.

Para poder realizar la integración del SCADA local con el del Centro de Control se deben definir los requerimientos necesarios desde la fase de la planificación, para que cuando se efectúe el montaje se tomen todas las previsiones del caso y facilitar dicha integración.

#### **2.1.2.4 Subestación**

En un patio contiguo a la casa de Máquina será instalada la subestación formada por un par de transformadores, disyuntores de entrada, disyuntores de salida, pararrayos, los sistemas de medición y los sistemas de protección. El voltaje será elevado de 13.8 kV (voltaje de generación) a 64 kV (voltaje de transmisión). Estas variables también deben ser integradas de forma tal que se facilite su lectura y escritura desde el sistema SCADA Remoto.

Desde esta subestación será elevada la energía producida por la planta a un voltaje mayor para ser transmitida a la Subestación de Chilamate en donde será distribuida a los centros de consumo.

#### **2.1.2.5 Líneas de Transmisión**

La línea de transmisión se inician en la subestación adyacente a la casa de máquinas, atraviesa la finca de la familia Taborda hasta llegar a la carretera a Puerto Viejo, se orienta hacia el sur-este en el derecho de vía de la carretera a Puerto Viejo hasta llegar la subestación de Chilamate, el voltaje de transmisión será de 64 kV.

Aunque las variables correspondientes a los equipos de estas subestaciones y líneas de transmisión son indiferentes para el sistema SCADA local de la Central, no debe serlo para el SCADA Remoto ubicado en el Centro de Control, ya que esta unidad es la responsable de monitorear y emitir los controles de mando para poder trasegar la energía producida por la planta a los centros de distribución.

Basado en ello es importante que se tomen las instrucciones necesarias desde la fase de la planificación. (Ver Anexo 4).

### **2.1.3 Centro de Control de COOPELESCA**

La Unidad del Centro de Control desde su creación en el año 1999, ha facilitado el trabajo de la red eléctrica en COOPELESCA, brindando resultados a la hora de enfrentar averías, analizar el estado, el comportamiento de la red y en el despacho de las plantas hidroeléctricas para el autoconsumo.

Como es normal, la red eléctrica crece día con día y nacen nuevos proyectos tanto en generación como en distribución y transmisión, donde todo esto recae sobre las funciones del Centro de Control, así mismo, cada día se requieren nuevos informes y conocimientos más avanzados de análisis para cumplir con las exigencias de otros departamentos que requieran el servicio.

El Centro de Control tiene como responsabilidad operar y supervisar en forma coordinada y en tiempo real las instalaciones de Generación y Transporte, gestionando la información que permitan garantizar la continuidad y seguridad del Sistema Eléctrico de COOPELESCA.

A continuación se describen cada una de las Unidades del Centro de Control y su relación con la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí con el objetivo de explicar el grado de participación y la importancia que juegan en la planificación del Sistema SCADA Remoto como miembros del equipo de trabajo en el desarrollo del proyecto. (Ver Anexo 7).

#### **2.1.3.1 Unidad de Despacho**

Unidad encargada de gestionar la producción de los generadores de electricidad privados y los generadores propiedad de COOPELESCA con base a la demanda de la red eléctrica nacional o del Mercado Eléctrico Regional (MER), así también los compromisos adquiridos con otras entidades.



Este grupo de trabajo será el encargado de generar las órdenes de mando para operar comercialmente el proyecto de Cubujuquí. Desde antes de que finalice la construcción del proyecto, es de vital importancia, que los miembros de esta unidad comprendan los procesos de operación y de producción de la Central. Para ello se debe gestionar en la planificación una serie de capacitaciones previas para este personal.

### **2.1.3.2 Unidad de Distribución**

Esta unidad Opera las instalaciones de la red de transporte de energía de COOPELESCA y coordina su uso con el de las instalaciones de producción, de forma que quede garantizada la continuidad y seguridad del suministro eléctrico en todo momento.

Desde esta unidad se tendrá que supervisar, controlar y operar el sistema de transporte, impartiendo las instrucciones necesarias para la Subtransmisión y Distribución que se necesitan en el trasiego de la energía de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí. Mediante el Sistema SCADA Remoto se coordina con la central garantizando una disponibilidad suficiente que satisfaga las exigencias de seguridad y de cobertura de la demanda.

### **2.1.3.3 Unidad de Monitoreo**

El Centro de Control de COOPELESCA monitorea de forma permanente y preventiva la red eléctrica para evitar incurrir en situaciones de riesgo. El Sistema SCADA Remoto facilitará la supervisión en tiempo real de los parámetros de la Red de Transporte que corresponden a: carga, voltajes, corrientes y estados de los equipos. Además facilitará la supervisión de los parámetros de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí que corresponden a consigna de generación, temperaturas, reactivos, potencia, niveles de embalses y estados de los equipos.

Con este monitoreo se logra identificar oportunamente la indisponibilidad de los generadores de energía y su estimación de afectación para la toma de decisiones.

#### **2.1.3.4 Unidad de Proyección**

La energía eléctrica no es almacenable, es necesario que exista un equilibrio constante entre la demanda y la generación, lo que obliga a realizar previsiones de la producción para poder hacer frente a posibles contingencias o cambios del consumo previsto.

Con la implementación del Sistema SCADA Remoto de la planta de Cubujuquí se logrará efectuar previsiones anuales, mensuales, semanales y diarias de los caudales. Programar la producción para cubrir la demanda eléctrica prevista, así como también programar las compras al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

#### **2.1.3.5 Unidad de Análisis**

Con la información que se recibirá de la central de Cubujuquí por medio del Sistema SCADA Remoto se podrán realizar estudios y análisis de forma gráfica, fácilmente comprensible, que permitirá, tomar decisiones garantizando la seguridad y continuidad del suministro eléctrico. Estos resultados ayudarán a identificar patrones de forma oportuna y consecuentemente poder analizar la seguridad de la red eléctrica.

Además facilitará el almacenamiento de la información sobre los equipos instalados en periodos de 5, 10 y 15 minutos; recibirá los datos relativos a potencia activa, reactiva, tensión, conectividad, temperaturas, velocidad de generadores, niveles de caudal, corrientes, entre otros.

#### **2.1.3.6 Unidad de Instrumentación**

Una vez iniciada la fase del montaje esta unidad será encargada de la supervisión, la verificación y calibración de la instrumentación que controla y miden los

procesos de producción de los sistemas eléctricos y electrónicos, garantizando el perfecto funcionamiento de los equipos de la central así como también de la red de transporte. Con base a lo anterior es importante que esta unidad sea participe en la planificación del desarrollo del proyecto.

### **2.1.3.7 Unidad de Integración**

Esta unidad es fundamental para la planificación del Sistema SCADA Remoto de Cubujuquí ya que la misma es la encargada de Diseñar la solución técnica mediante el suministro de los equipos.

Además son los encargados de revisar las especificaciones de la Arquitectura de Control propuesta por el proveedor y de emitir los comentarios al respecto para que se facilite la integración remotamente.

La Unidad de Integración como bien lo indica su nombre es la encargada de Integrar los equipos de la Central de Cubujuquí, las Subestaciones y las líneas de Transmisión al Sistema SCADA del Centro de Control.

Esta Unidad es parte del equipo de trabajo y tiene una importante participación tanto en la planificación como en la fase de ejecución del proyecto. (Ver Anexo 9).

#### **2.1.4 Sistemas SCADA**

SCADA es un acrónimo para Supervisory Control And Data Acquisition (control y adquisición de datos de supervisión). Los sistemas SCADA en el Centro de Control de COOPELESCA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de las centrales que se ubican geográficamente dispersas ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Estos sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas. Con base a lo anterior es importante contar con el desarrollo del SCADA Remoto para la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí y por ende se pretende con la realización de este documento plasmar la fase de planificación respectiva con el fin de asegurar el éxito del proyecto.

Los sistemas SCADA que han sido instalados en el Centro de Control se han convertido en una parte integral de la estructura de gerenciamiento de la información corporativa. Estos sistemas ya no son vistos por la gerencia simplemente como herramientas operacionales, sino como un recurso importante de información. En este papel funciona como centro de responsabilidad operacional, pero también proporciona datos a los sistemas y usuarios fuera del ambiente del centro de control que dependen de la información oportuna en la cual basan sus decisiones económicas cotidianas. (Ver Anexo 10).

Para la Central de Cubujuquí se tendrán ordenadores SCADA redundantes operando en paralelo en la Sala de Control de la planta y un sistema de reserva del mismo situado en el Centro de Control de COOPELESCA (un área geográficamente distante). Esta arquitectura proporcionará la transferencia automática de la responsabilidad del control.

El Sistema SCADA Remoto que se implementará se encargará de vigilar y controlar la Central por comandos de operador desde el Centro de Control. La adquisición de datos será lograda en primer lugar por los RTU's (Remote Terminal Units) y PLC's (Programmable Logic Controllers). Los datos se procesarán generalmente a intervalos muy cortos para detectar condiciones de alarma.

Los datos pueden ser de tres tipos principales:

- Datos analógicos (por ejemplo números reales) que quizás sean presentados en gráficos.
- Datos digitales (on/off) que pueden tener alarmas asociadas a un estado o al otro.
- Datos de pulsos (por ejemplo conteo de revoluciones de un medidor) que serán normalmente contabilizados o acumulados.

A continuación se mencionan las características principales que se deben de tomar en cuenta a la hora de la planificación del desarrollo del SCADA Remoto para la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.

**Adquisición de datos:** Recolección de datos de los RTU's de Casa de Máquina, Embalse, Toma de Agua, Subestación, y la línea de Transmisión.

**Visualizaciones:** Salvar los datos en una base de datos, y ponerlos a disposición de los operadores en forma de gráficos.

**Procesamiento de Alarmas:** Analizar los datos recogidos de los RTU's para ver si han ocurrido condiciones anormales, y alertar a personal de operaciones sobre las mismas. Las alarmas se clasificarán en varios niveles de prioridad, con la prioridad más alta siendo a menudo reservada para las alarmas de seguridad. Esto le permitirá al operador seleccionar una lista de las alarmas más importantes.

**Control:** Configurar los controles iniciados por operador de las turbinas, interruptores, protecciones de la Central y de las Subestaciones.

**Informes:** Se deberán emitir reportes de fallas, eventos, averías, operaciones, producción, entre otros.

**Redundancia:** Es decir, debe crearse un sistema idéntico con la capacidad segura de asumir el control inmediatamente si el principal falla.

**Interfaces con otros sistemas:** Transferencia de datos hacia y desde otros sistemas corporativos, por ejemplo, la actualización de bases de datos, etc.

**Seguridad:** Controlar el acceso a los distintos componentes del sistema.

**Administración de la red:** Monitorear la red de comunicaciones.

**Administración de la Base de datos:** Se debe diseñar la estructura de almacenamiento de los datos en una Base de Datos.

**Protocolos de comunicación:** Se deben seleccionar el o los protocolos que se utilizarán para la transmisión confiable de los datos. Se debe considerar que el protocolo sea abierto, o sea, que los equipos puedan ser interrogados por medio de un lenguaje estándar minimizando la dependencia con el proveedor.

## 2.2 ADMINISTRACION DE PROYECTOS

### 2.2.1 Proyecto

En el ámbito de la administración profesional de proyectos, se define que un proyecto es *“un conjunto de esfuerzos temporales, dirigidos a generar un producto, resultado o servicio único”* (CHAMOUN, 2002).

Existen diversos autores en el tema de dirección de proyectos que ofrecen técnicas y herramientas similares, el tema recurrente en la mayoría de los casos es tiempo, costo y alcance.

La administración de proyectos es algo más que simplemente dividir las asignaciones de trabajo entre las personas y confiar, en vano, que lograrán el resultado deseado. De hecho los proyectos que pudieron ser exitosos fracasan debido a esos enfoques de dar por sentadas las cosas como lo deja entrever la siguiente frase: *“Nosotros comenzamos a cavar desde este lado de la montaña. Usted y su grupo comenzarán a cavar desde el otro lado. Cuando nos encontremos, habremos hecho un túnel. Y si no nos encontramos, ¡Habremos hecho dos túneles!”* (Anónimo).

Para la elaboración de este proyecto que consiste en la formulación de la Planificación del Sistema SCADA Remoto de la Central de Cubujuquí se estará aplicando las buenas prácticas de resolución de la administración de proyectos del Project Management Institute, Inc. (PMI).

El PMI nos deja ver que los proyectos están compuestos por un conjunto de procesos, los cuales conforman el denominado ciclo de vida del mismo. Este ciclo va desde el inicio y su planificación hasta llegar al cierre, pasando previamente por una fase de ejecución y control. Estos procesos de Administración de proyectos, contienen a su vez una serie de subprocesos. Esto no significa que todos los procesos de Administración de proyectos, deban aplicarse a todos los proyectos.

A continuación se mencionan los cinco Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos:

- **Inicio:** Lanzamiento formal del proyecto, en el caso de COOPELESCA para la construcción de proyectos Hidroeléctricos incluye estudios de factibilidad.
- **Planificación:** Definición del contexto y la organización necesarios para seleccionar la mejor solución para alcanzar los objetivos del proyecto y satisfacer al cliente.
- **Ejecución:** Coordinación de las personas y gestión de los recursos necesarios para realizar todo el trabajo definido en el plan.
- **Seguimiento y Control:** Medición y análisis regular y frecuente, del avance del proyecto, para identificar variaciones con respecto al plan e implementar acciones correctivas, si fuese necesario.
- **Cierre:** Aceptación formal de los productos y/o servicios generados como resultado del proyecto, por parte del Cliente.

La dirección de proyectos se logra mediante la aplicación e integración de los Procesos de Dirección de Proyectos. La aplicación de estas etapas del proyecto a nivel temporal, se puede ver más fácilmente en la figura 3, donde las fases de planeación y ejecución poseen un impacto mayor desde el inicio hasta el final de la obra.





**Figura 3. Ciclo de vida típico de un proyecto.**

**Fuente: Adaptado de Silva 2009.**

En este documento se estarán analizando las áreas del Conocimiento de: Integración, Alcance, Tiempo, Recurso Humano y Comunicaciones con base a su correspondencia en los grupos de Procesos de Iniciación y Planificación.

En el Cuadro 3 se muestra en forma de matriz los grupos de procesos que se estarán abarcando en el desarrollo de esta tesina y su relación con las áreas del conocimiento orientadas al proyecto.

**Cuadro 3: Cuadro de Relación entre grupos de proceso y áreas del conocimiento con base a la resolución del proyecto.**

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA		GRUPOS DE PROCESOS	
		Iniciación	Planificación
ÁREAS DEL CONOCIMIENTO	<b>Gestión de la Integración</b>	Desarrollar Acta de Constitución de Proyecto Identificar a los involucrados.	Desarrollar el plan de Gestión del Proyecto.
	<b>Gestión del Alcance</b>		Recolectar requerimientos Definición del Alcance Crear EDT
	<b>Gestión del Tiempo</b>		Definir de actividades. Secuencia de actividades. Estimación de recursos. Estimación de la duración. Desarrollo del cronograma.
	<b>Gestión del Recurso Humano</b>		Planificación de los recursos humanos
	<b>Gestión de las Comunicaciones</b>	Identificar Involucrados	Planificar las comunicaciones

**Fuente: Adaptado del PMI 2008.**

Para el Centro de Control la administración profesional de proyectos se convierte en el elemento diferenciador que puede significar el éxito en todos sus proyectos y con mayor incidencia en aquellos que son estratégicos y críticos para la Cooperativa.

## **2.2.2 Grupo de Procesos de Iniciación**

El grupo de procesos de iniciación, es donde se da el “banderazo” de salida, aquí es donde se autoriza y se documenta la necesidad para comenzar formalmente el proyecto.

CHAMOUN señala que en el proceso de iniciación es donde se establece la visión del proyecto, la misión por cumplir y sus objetivos, la justificación del mismo, las restricciones y los supuestos.

La guía del PMBOK, refiere que en el proceso de iniciación se identifican los interesados internos y externos que van a interactuar y ejercer alguna influencia sobre el resultado global del proyecto. Se selecciona el director del proyecto. Esta información se plasma en el acta de constitución del proyecto y registro de interesados, se revisa y recibe aprobación, en ese momento el proyecto se considera autorizado oficialmente. Aunque el equipo de dirección del proyecto pueda colaborar en la redacción de esta acta, la aprobación y el financiamiento se manejan fuera de los límites del proyecto.

### **2.2.2.1 Identificar los involucrados**

Los involucrados del proyecto son las personas u organizaciones que pueden verse afectados positiva o negativamente con la ejecución del proyecto y tienen la capacidad de influir en los objetivos y resultados del mismo. Por lo tanto, es responsabilidad del equipo de dirección de proyecto identificarlos, observar sus expectativas con el fin de influir positivamente según objetivos del proyecto para asegurar su éxito como lo indica la guía del PMBOK.

Por otra parte, es importante rescatar que los involucrados cuentan con una jerarquía de responsabilidad y autoridad variables, desde la colaboración ocasional hasta el patrocinio total del proyecto y puede verse modificada según avance el ciclo de vida.

Se estarán identificando actores como los usuarios del proyecto, los departamentos involucrados que hacen parte de la alianza y los Proveedores o contratistas.

### **2.2.3 Grupo de Procesos de Planificación**

En este proceso el equipo de dirección de proyecto lo utiliza para constituir el alcance total del proyecto y sus objetivos. Adicionalmente se definen las actividades para la consecución de cada uno de los objetivos establecidos. Dentro de este proceso dependiendo de la complejidad, se desarrollan las siguientes actividades según el PMBOK:

- Desarrollo del plan de dirección de proyecto, básicamente es el proceso que establece la pauta del cómo se planificará, ejecutará, supervisará, controlará y cerrará el proyecto.
- Recopilación de requisitos, proceso que consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir con los objetivos del proyecto.
- Se define el alcance, es donde se realiza una descripción detallada del proyecto y del producto.
- Se realiza la estructura de desglose del trabajo (EDT), que consiste en una representación gráfica de los principales entregables.
- Se definen las actividades con su respectiva secuencia, para poder obtener cada uno de los entregables propuestos en la EDT.
- Estimación de los recursos y duración para cada actividad, se refiere básicamente a la duración en horas hombre – máquina.
- Desarrollar el cronograma de trabajo, secuencia de actividades y con su respectiva duración, los requisitos de los recursos y las limitaciones del cronograma.

- Realizar el plan del Recurso Humano, se definen los roles, las responsabilidades y la matriz de comunicación.
- Realizar el plan de las Comunicaciones, se debe de explicar cómo será el flujo de las comunicaciones e información.

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

Este capítulo, como su nombre lo dice, pretende definir el procedimiento o metodología seguida para la obtención de los objetivos del proyecto.

Se define cuál es el tipo de investigación que se llevará a cabo, las fuentes de información que se utilizarán, las técnicas para obtención de información y la forma en que se procesarán y analizarán los datos para poder al final sintetizar y resolver el problema de planeamiento.

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación para este trabajo es descriptiva y documental con base a la estrategia que se utilizará debido al diseño, los datos que se recogerán, la forma en que se obtendrán, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación.

##### **3.1.1 Investigación Descriptiva**

Los estudios descriptivos buscarán especificar las propiedades, las características de y los perfiles de personas, grupos, comunidades y cualquier otro término que sea sometido a análisis. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Es decir, un estudio descriptivo únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta de todas las variables a las que se refiere, según el autor HERNANDEZ.

Además en este documento se describirán cómo están compuestos los sistemas SCADA y la información necesaria de cómo deberá ser desarrollado el Sistema SCADA Remoto de Cubujuquí de forma que se logre integrar a la plataforma del Centro de Control de COOPELESCA. En este caso en particular podemos decir que la investigación será descriptiva.

### **3.1.2 Investigación Documental**

Se aplicará una investigación documental centrada exclusivamente en la recopilación de información secundaria, ya sea de textos libros, folletos o cualquier tipo de documento, descritos en los sujetos de información.

Al menos en el inicio de la investigación se llevarán a cabo estudios documentales, ya que el tema a examinar no ha sido abordado antes. Es decir, cuando se revisa la literatura se encuentra con que se han hecho estudios similares pero en otros contextos (otras ciudades del mismo país o del extranjero). Estos estudios serán funcionales para ver cómo han abordado la situación de investigación; sin embargo, el proyecto del SCADA Remoto de Cubujuquí es diferente. Los problemas son particulares de esta Central Hidroeléctrica. Por lo tanto, se puede decir que la investigación además será documental al menos en sus inicios, ya que por medio de ella nos ayudará a aumentar el grado de familiaridad con conceptos relativamente desconocidos y nos facilitará obtener información más completa sobre el proyecto.

Para poder elaborar el Plan de Proyecto, se utilizará como base la guía propuesta en él PMBOK 2008 y sus áreas del conocimiento.

## **3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos de investigación son procedimientos ordenados que se siguen para establecer el significado de los hechos y fenómenos hacia los que se dirige el interés para encontrar, demostrar, refutar, descubrir y aportar al conocimiento. Para el presente proyecto se utilizarán los siguientes métodos de investigación:

### **3.2.1 Método Analítico – Sintético**

Para el proyecto de planificación del SCADA Remoto será necesario descomponer y enumerar las partes que componen una Central Hidroeléctrica así como los

Sistemas SCADA para luego describirlas de manera que se pueda concebir la solución de este caso en particular.

### **3.2.2 Método de Observación Directa**

Esta técnica consistirá en observar atentamente el proceso de control y monitoreo del Sistema SCADA Local de la Central y otros sistemas del Centro de Control, así también como la estructura jerárquica de trabajo del departamento para tomar información, registrarla y posteriormente aplicarla al sistema SCADA Remoto.

### **3.2.3 Método de Observación por entrevista**

Esta técnica permitirá obtener datos que consisten en un diálogo con las personas encargadas de la integración de los Sistemas en el Centro de Control y las personas encargadas del montaje del equipo electromecánico obteniendo información pertinente.

### **3.2.4 Método Objetivo – Subjetivo**

Para el desarrollo de esta tesina se realizarán observaciones personales de los sistemas SCADA Locales y Remoto que posee actualmente el Centro de Control de COOPELESCA para suponer como debe ser desarrollada la solución que se plantea a lo largo de este documento.

## **3.3 SUJETOS DE ESTUDIOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN**

Para poder elaborar el Plan de Proyecto, se utilizará como base a la guía propuesta en el PMBOK y sus áreas de conocimiento creado por el Project Management Institute, así mismo libros que tratan temas relacionados con la administración de proyectos de los autores CHAMOUN Y HERNANDEZ.

Para estructurar la forma del documento se utilizará como guía, por recomendación de la Universidad la Normativa APA (UCI, Julio 2010).



Se consultarán trabajos de graduación finales de alumnos de la Maestría de Administración de Proyectos de la Universidad de Cooperación Internacional y del Instituto Tecnológico de Costa Rica (CALZADA RAMÍREZ, 2006) y (CUBILLO RODRÍGUEZ, 2009), además de información didáctica proporcionada por la Universidad a través de su campus virtual.

Entre las herramientas que se utilizarán están las plantillas, software como: el WBS Chart Pro, el Microsoft Project, Microsoft Word, Microsoft Excel y Microsoft Visio.

Además se utilizará un documento generado por el Centro de Control para la Planificación Anual Operativa del 2012 (Osegueda Gómez, 2011), del cual se sustrajeron, conceptos, imágenes, información que permitirá describir el equipo de trabajo de acuerdo a sus unidades funcionales.

También se recurrirá a la entrevista de expertos en el tema cuando se considere necesario, a fin de buscar una orientación sobre algún caso particular de la propuesta. Estas entrevistas consistirán en un diálogo con profesionales del ámbito, expertos de ingenieros involucrados en proyectos anteriores los cuales son funcionarios de la Cooperativa, que de una forma u otra, estarán relacionados con el tema del proyecto dentro de la organización. A continuación se mencionan algunos de estos profesionales:

- El señor ingeniero en computación y master en Administración de Proyectos Guido Rodríguez Murillo, Coordinador del área de Integración del Centro de Control.
- El señor ingeniero en electrónica e instrumentista Ignacio Benavides Rojas, colaborador en el área de Integración de Sistemas.
- El señor ingeniero en electrónica Minor Solis Ramírez, colaborador en el área de Integración de Sistemas.

- El señor técnico en electromecánica Fernando Chavarría Porras, coordinar del montaje del equipo electromecánico de Cubujuquí.
- El señor técnico en electromecánica Dani Ramírez Jiménez, colaborador del montaje de los equipos de la Central y parte de la Unidad de Operación y Mantenimiento.
- El señor ingeniero industrial Rafael Elizondo Fray, encargado de la construcción de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.

### **3.4 PROCEDIMIENTOS POR ENTREGABLES**

Dada la aplicación de las técnicas de investigación se procedió a analizar y diseñar la propuesta de solución mediante una estructuración ordenada, basada en los fundamentos de la dirección de proyectos establecida por el PMI.

#### **3.4.1 Técnicas y herramientas**

Dentro de la propuesta se estarán describiendo las plantillas utilizadas en los documentos y otros archivos relacionados con el plan de proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la adquisición de datos y el control supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.

#### **3.4.2 Instrumentos**

Como instrumento se utilizarán la revisión de archivos o documentos relacionados con el proyecto de Sistemas SCADA, emitidos por expertos en las áreas de ingeniería civil, computación, ingeniería eléctrica, mecánicos, y especialistas en operación y mantenimiento de centrales hidroeléctricas.

Cada objetivo específico de la propuesta está debidamente documentado como se observa en el Cuadro 4, logrando organizar los datos de la investigación.

**Cuadro 4: Cuadro de Resumen para el Marco Metodológico.**

Objetivos	Fuentes de información	Tipo de investigación	Métodos de Investigación	Herramientas	Entregables
Definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de desglose del trabajo para tener una clara visión de las labores a realizar y ejecutar el proyecto de forma exitosa.	Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán fuentes de información secundarias tales como: La guía del PMBOK, La Administración Profesional de Proyectos del autor CHAMOUN y el Plan Operativo Anual del Centro de Control.	El tipo de investigación será mixta (descriptiva y documental), ya que se utilizarán los documentos relacionados con el Proyecto del Sistema SCADA Remoto, que describirán la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada.	Con base al método Analítico – Sintético se logrará descomponer y enumerar las partes que componen una Hidroeléctrica así como los Sistemas SCADA para luego concebir la solución	Fuentes documentales. Juicio de Expertos.	Acta de Constitución del proyecto. Plan de gestión del Proyecto. Lista de requerimientos. Definición del Alcance. Crear EDT.
Definir las actividades con sus estimaciones de tiempo que precisen los productos entregables para que guíen el accionar en el Proyecto de Desarrollo del SCADA Remoto Cubujuquí.	Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán fuentes de información secundarias tales como: A guía del PMBOK, La Administración Profesional de Proyectos del autor CHAMOUN y el Plan Operativo Anual del Centro de Control.	El tipo de investigación será mixta ya que se utilizarán los documentos relacionados con el Proyecto del Sistema SCADA Remoto, que describirán la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada.	Con base al método de observación por entrevista se obtendrá información mediante un diálogo con las personas para describir una propuesta de solución. A través del método objetivo se logrará observaciones personales que servirán de complemento.	Fuentes documentales. Juicio de Expertos.	Definir las actividades. Secuencia de las actividades. Estimación de Recursos. Estimación de la duración. Desarrollo del cronograma.
Desarrollar un plan de Recursos Humanos para identificar responsabilidades y delimitar el rol de cada recurso involucrado en el proyecto.	Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán fuentes de información secundarias: La guía del PMBOK, La Administración Profesional de Proyectos del autor CHAMOUN y el PAO del Centro de Control.	El tipo de investigación será mixta ya que se utilizarán los documentos relacionados con el Proyecto del Sistema SCADA Remoto, que describirán la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada.	Con base al método de observación directa se recogerá información del proceso de control y monitoreo de los sistemas SCADA, así también como la estructura jerárquica del equipo de trabajo involucrado en el proyecto, posteriormente se registrará y se aplicarán al sistema SCADA Remoto.	Fuentes documentales. Juicio de Expertos.	Planificación de los recursos Humanos: Matriz de Rol y Responsable, Organigrama del Proyecto.

Objetivos	Fuentes de información	Tipo de investigación	Métodos de Investigación	Herramientas	Entregables
<p>Desarrollar una estrategia de comunicación que garantice el flujo adecuado y pertinente de la información para evaluar las oportunidades y deficiencias en un tiempo oportuno, definiendo las necesidades de información para cada recurso del proyecto.</p>	<p>Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán fuentes de información secundarias: La guía del PMBOK, La Administración Profesional de Proyectos del autor CHAMOUN y el PAO del Centro de Control.</p>	<p>El tipo de investigación será mixta ya que se utilizarán los documentos relacionados con el Proyecto del Sistema SCADA Remoto, que describirán la información y acciones necesarias para la implementación y ordenada.</p>	<p>Con base al método de observación directa se recogerá información del proceso de control y monitoreo de los sistemas SCADA, así mismo, la estructura jerárquica del equipo de trabajo involucrado en el proyecto, posteriormente se registrará y se aplicará al sistema SCADA Remoto.</p>	<p>Fuentes documentales. Juicio de Expertos.</p>	<p>Planificar la comunicación: tipos de informes y Matriz de comunicación.</p>
<p>Elaborar el diseño de las pantallas de HMI para el Sistema de Control Remoto Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí integrado a la plataforma del Centro de Control de COOPELESCA.</p>	<p>Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán fuentes de información secundarias: La guía del PMBOK, La Administración Profesional de Proyectos del autor CHAMOUN y el PAO del Centro de Control.</p>	<p>El tipo de investigación será mixta ya que se utilizarán los documentos relacionados con el Proyecto del Sistema SCADA Remoto, que describirán la información y acciones necesarias para la implementación y ordenada.</p>	<p>Con base al método de observación por entrevista se obtendrá información mediante un diálogo con las personas para describir una propuesta de solución y a través del método objetivo, que permitirá observaciones personales como complemento.</p>	<p>Fuentes documentales. Juicio de Expertos.</p>	<p>Definir la Arquitectura del Sistema de Control Distribuido. Diseñar el prototipo de la aplicación (HMI) industrial de monitoreo bajo la plataforma de Survalent. Definir la estructura de la base de datos.</p>

## **4. DESARROLLO**

### **4.1 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN**

#### **4.1.1 Proceso de Iniciación**

COOPELESCA y la empresa VOITH HYDRO firmaron un convenio para el desarrollo del montaje de la Planta Hidroeléctrica de Cubujuquí, en donde la implementación del Sistema SCADA Local estará a cargo de la empresa VOITH HYDRO y el Sistema SCADA Remoto a cargo del Centro de Control.

Para Octubre 2012, se espera que la Central entre en operación comercial, por ende el Centro de Control con personal propio y en compañía de diferentes especialistas de VOITH HYDRO, deben tener implementado el Sistema de Control Remoto y realizar las pruebas respectivas.

El sistema debe contemplar un control y monitoreo total de todos los elementos de la Central, similar al Sistema SCADA que se implementará localmente. Dentro de los principales elementos se pueden mencionar: la Presa, la Toma, el Canal de Conducción, el Embalse, la Tubería de Presión y la Casa de Máquinas.

Adicionalmente, todos los aspectos de planificación del proyecto es responsabilidad del Centro de Control de COOPELESCA, esto implica, la identificación de los involucrados directos del proyecto.

##### **4.1.1.1 Acta de constitución del proyecto**

En la plantilla del Acta de Constitución del proyecto se detalla la definición preliminar del proyecto y además permite que se lleve a cabo la autorización al Centro de Control para que inicie con los procesos de planificación. Para mayor detalle ver el Anexo 1.

#### 4.1.1.2 Identificar los involucrados

En el Cuadro 6 se muestran los involucrados directos del proyecto, el recurso humano responsable y sus funciones. La plantilla fue elaborada tomando en consideración los criterios del escritor CHAMOUN y posteriormente fue revisada por un grupo de expertos.

Por otra parte, es importante rescatar que los involucrados cuentan con una jerarquía de responsabilidad y autoridad variables, por lo que puede verse modificada según avance el ciclo de vida.

**Cuadro 5: Funciones de los involucrados.**

Involucrados	Recurso Humano	Responsables
Subgerencia de Producción de Energía	Marcelino Blanco	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autoriza el desarrollo del proyecto.</li> <li>- Autoriza el Alcance.</li> </ul>
Director del proyecto del Sistema SCADA Remoto	Centro de Control Eithel Osegueda Gómez.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Define el alcance del proyecto.</li> <li>- Define los tiempos.</li> <li>- Coordinación del grupo de trabajo.</li> <li>- Presentación de información a la subgerencia.</li> <li>- Control y seguimiento de procesos.</li> <li>- Supervisión de las actividades apoyado con inspectores de VOITH HYDRO.</li> <li>- Cierre del proyecto.</li> <li>- Definir roles y responsabilidad.</li> <li>- Asegura la comunicación efectiva entre los involucrados.</li> <li>- Control de cambios del proyecto.</li> </ul>
Director Técnico del Sistema SCADA Remoto	Unidad de Integración-Centro de Control. Guido Rodríguez Murillo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Define las especificaciones técnicas de las actividades.</li> <li>- Coordinar el proceso de ejecución de las actividades.</li> <li>- Realiza la integración de Sistema SCADA Remoto.</li> </ul>
Supervisión y Ejecución del Sistema SCADA Local	VOITH HYDRO	Se encargará de implementar el sistema SCADA de la Planta

Involucrados	Recurso Humano	Responsables
Inspección del desarrollo del Sistema SCADA Local	Centro de Control. Eithel Osegueda Guido Rodríguez	Encargados de revisar que el Sistema SCADA Local cumpla con los requerimientos.
Supervisión de la instalación del sistema de cámaras.	Unidad de Integración- Centro de Control. Guido Rodríguez Murillo.	Se encargará de realizar los trabajos de Inspección de la instalación de las cámaras de video, según planos originales de obra y especificaciones técnicas.
Supervisión de la instalación de fibra óptica en la Planta	Infocomunicaciones. Daniel Rojas.	Se encargará de realizar los trabajos de Inspección de la instalación de la fibra óptica, según planos originales y especificaciones técnicas.
Diseño y enlace de Comunicación en Fibra óptica hasta el Centro de Control.	Infocomunicaciones. Daniel Rojas.	Encargado de desarrollar el enlace de comunicación de fibra óptica que va desde el Centro de Control hasta la Casa de Máquinas de la Central de Cubujuquí.
Diseño y enlace de la Comunicación de Voz.	Infocomunicaciones. Daniel Rojas.	Encargado de desarrollar el enlace de comunicación de voz que permita la comunicación entre el Centro de Control y la Central de Cubujuquí.
Instalación y Configuración de la Telefonía	Departamento de TI Emilio Vázquez	Se encargará de tomar las provisiones del caso para habilitar la telefonía IP a la Planta.
Inspección de cableado estructurado.	Departamento de TI Emilio Vázquez	Se encargará de realizar los trabajos de Inspección de la instalación del cableado estructurado, según planos originales y especificaciones técnicas.
Instalación de los equipos electromecánicos	Departamento de Operación y Mantenimiento. Fernando Chavarría	Encargado de desarrollar la instalación de los equipos electromecánicos de la Central de Cubujuquí.
Supervisión de la Instalación de los equipos electromecánicos	Personeros de VOITH HYDRO	Se encargará de realizar los trabajos de Inspección y supervisión de la instalación de los equipos electromecánicos que realizará el departamento de Operación y Mantenimiento de COOPELESCA.

#### 4.1.2 Proceso de Planificación

##### 4.1.2.1 Plan de Gestión del Proyecto

Se utilizó como guía la Matriz de Correspondencia entre los grupos de procesos de Iniciación y Planificación de la Dirección de Proyectos con las áreas del

Conocimiento de: Integración, Alcance, Tiempo, Recurso Humano y Comunicaciones, como se explica en la página 25 de este documento.

El Plan de Gestión del Proyecto incluye las acciones necesarias para definir, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios al plan del proyecto. El plan de gestión del proyecto define cómo se ejecuta, se supervisa y controla el proyecto. Además, documenta el conjunto de salidas del Grupo de Procesos de Planificación, las cuales se describen en el resto de este documento.

## **4.2 GESTIÓN DEL ALCANCE**

Básicamente en esta área es donde se establece lo que se incluye en el proyecto, en ella se autoriza el proyecto, se elabora la estructura de desglose del trabajo (EDT) que agrupa los entregables finales y se prepara el documento de Declaración del Alcance, que sirve de base para las decisiones futuras, donde se incluyen los criterios usados para determinar, cuándo una fase está completa.

### **4.2.1 Recolectar Requerimientos**

A continuación se describen las especificaciones que fueron propuestos para la instrumentación de la Planta Hidroeléctrica de Cubujuquí a la hora del concurso previo a la selección del proveedor.

En éste apartado se describe el sistema de control utilizado tanto para la central P.H. Cubujuquí como para la Subestación contigua a la casa de máquina. Se incluye también el sistema de video vigilancia y el equipo de comunicaciones.

#### **4.2.1.1 Descripción del Producto**

El proyecto en cuestión incluye: Un plan para el desarrollo de un Sistema SCADA Remoto bajo la plataforma de Survalent, elaborado con base a la arquitectura de



control de la Planta Hidroeléctrica de Cubujuquí, el mismo se plasma considerando la planificación de los siguientes entregables:

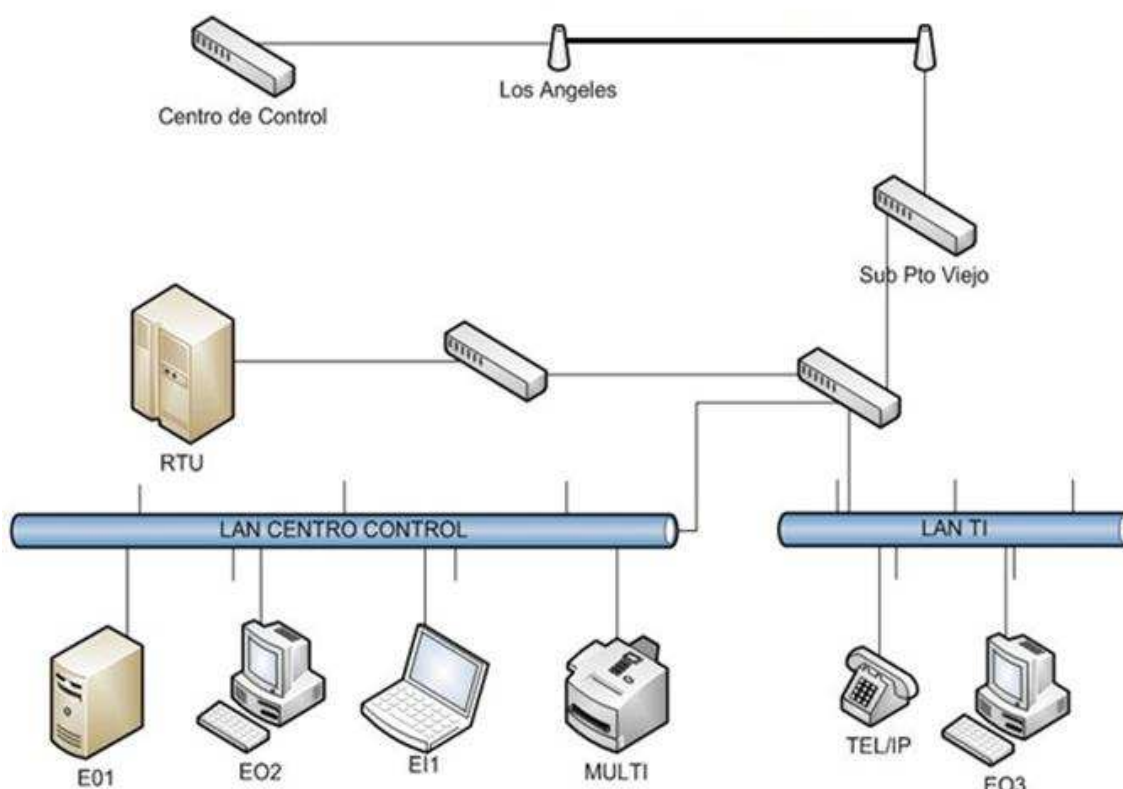
- Gestión de la Integración
- Gestión del Alcance
- Gestión de Tiempo
- Gestión de los Recursos Humanos
- Gestión de la Comunicación

El Sistema de Control permitirá el control completo de las unidades generadoras y de la subestación Cubujuquí. En el caso de la subestación, permitirá el manejo de las órdenes de apertura y cierre de los interruptores de potencia, indicaciones de posición, enclavamientos de los equipos de maniobra de alta tensión y las señales de alarma.

La central operará en forma automática por medio de controladores programables, bajo la supervisión de uno o más operadores ubicados en la sala de control, en donde se contará con dos estaciones de operación tipo PC, una para el Análisis de Ingeniería y otra para el sistema SCADA con video y vigilancia. Además un servidor de rack ubicado en el gabinete destinado para equipos del Centro de Control y comunicaciones. Se contará con una base de datos en tiempo real. Las estaciones de operación e ingeniería dispondrán de un software Interfaz Humano-Máquina "HMI" en donde se podrá controlar, visualizar y monitorear el estado de las unidades generadoras y todos sus sistemas auxiliares, la Subestación así como las obras externas.

#### 4.2.1.2 Enlace con el Centro de Control

En la Figura 4 se muestra el enlace que se desarrollará para conectar la Planta Hidroeléctrica de Cubujuquí al Centro de Control de COOPELESCA de forma muy general.



**Figura 4. Enlace del Centro de Control y la Planta Cubujuquí.**

**Fuente: Especificaciones de Cubujuquí.**

### 4.2.1.3 Arquitectura del Sistema

Para la correcta implementación del Sistema SCADA Remoto es necesario diseñar adecuadamente la Red de Control Distribuido en Ethernet y Buses de Campo, aplicado a la instrumentación de la Planta. En la Figura 5 se visualiza como el sistema SCADA Remoto tendrá un control y monitoreo total al igual que el SCADA Local que se desarrollará en la casa de máquinas mediante el uso común de un RTU Master (I/O Analógicas, Digitales, Sensores y protecciones).

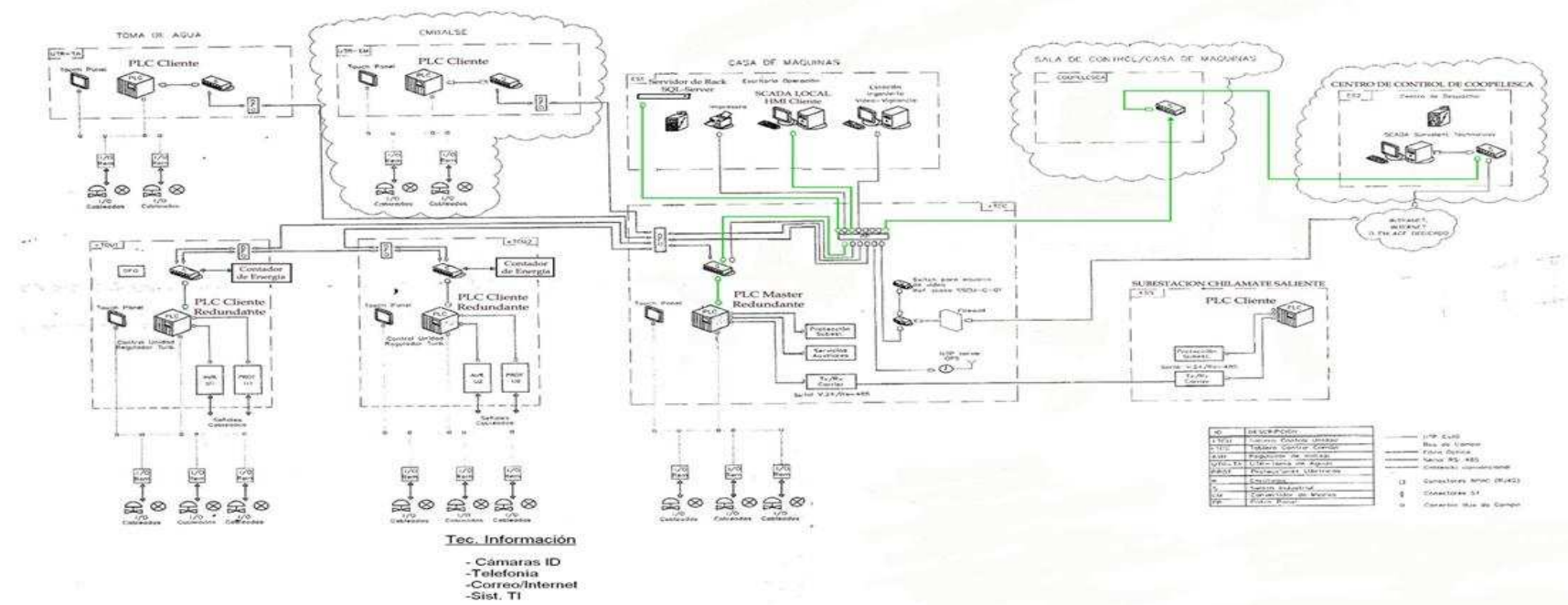


Figura 5. Arquitectura de Control de la Planta de Cubujuquí.

Fuente: Especificaciones de Cubujuquí.

#### **4.2.1.4 Protocolos de comunicación**

Los medidores de variables y PLC's deben contener los Protocolos de comunicación de Modbus y DNP, los mismos deben facilitar un medio de enlace en Ethernet y serial 232 y 485.

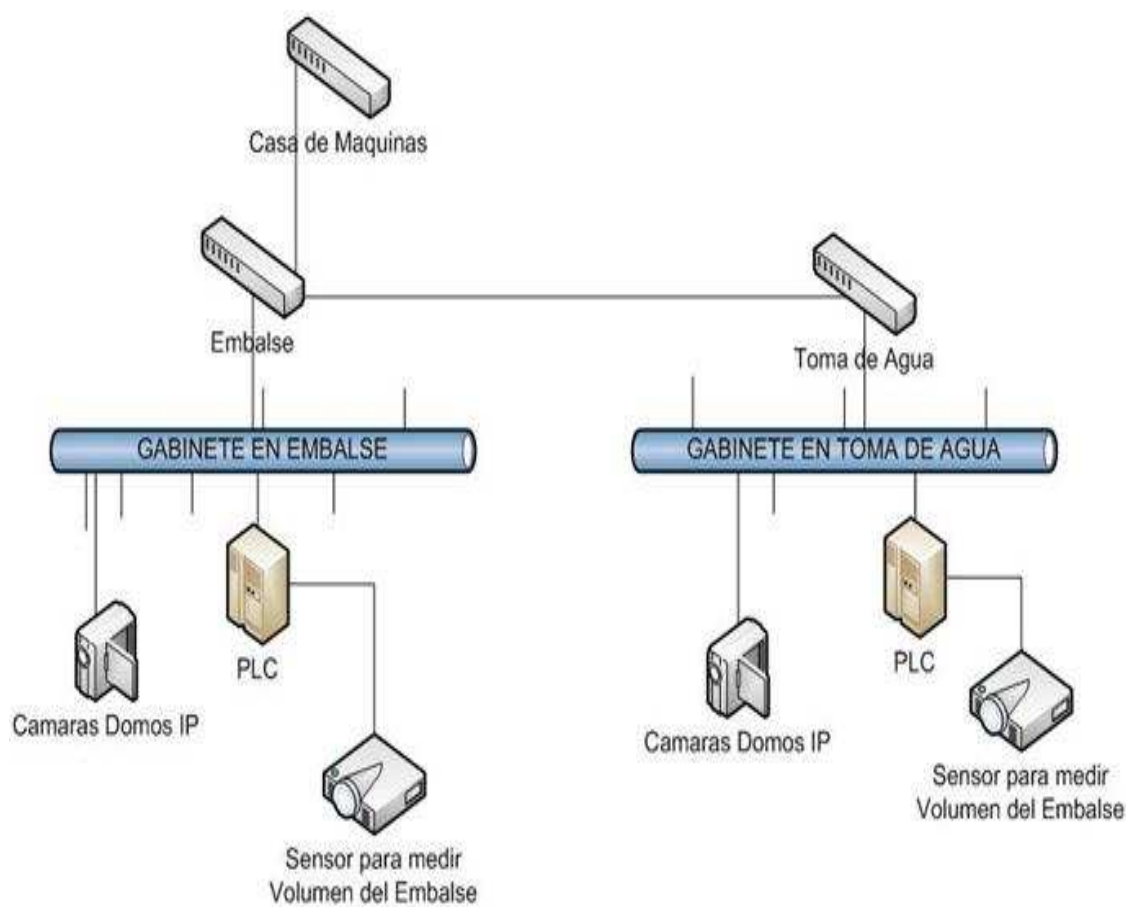
#### **4.2.1.5 Red de Control**

La red de control será en fibra óptica, tipo Giga Ethernet 1000 BASE-FX y protocolos TCP/IP. Esta red será para uso industrial, con topología en anillo, todos los equipos de control y supervisión del proceso se conectarán por medio de switches industriales a dicha red.

Los enlaces de fibra que conectan la casa de máquina con el embalse, canal y toma de agua deben ser en fibra monomodo y con conectores de tipo SC.

El contratista debe contemplar un 30% de espacio libre en los organizadores de fibra para crecimiento. Además deberá suministrar un 15% libre en los módulos de entrada y salida (en regletas, relés, etc.) para uso futuro de cada tipo de señal. Los módulos de entrada y salida serán instalados lo más cercano al proceso con la finalidad de reducir el cableado, la información recolectada será transmitida hacia los controladores programables por medio de un bus de campo.

El tablero UTR-TA permitirá realizar el control y monitoreo de la toma de agua, mediante la lectura de todas sus variables. El control se podrá realizar de forma local y remota. El tablero se instalará en una caseta ubicada en la toma de agua como lo muestra la Figura 6.



**Figura 6. Diagrama de Video y Sensor de Nivel.**

**Fuente: Especificaciones de Cubujuquí.**

#### **4.2.1.6 Gabinete de comunicaciones**

Se debe habilitar un gabinete destinado para equipos del Centro de Control y comunicaciones en Casa de Máquinas debidamente aterrizado con un regulador y respaldo de energía.

#### **4.2.1.7 Medidores de Variables**

Los medidores de variables deben ser de la marca ION 7600 o una versión más nueva.

Todos los equipos pertenecientes a la red de control deberán sincronizar el tiempo mediante el protocolo NTP. Para esto el Contratista suministrará un servidor NTP, el cual adquiere el tiempo de una señal GPS (sincronización redundante, ya que el Centro de Control cuenta con una sincronización con GPS en Ethernet).

#### **4.2.1.8 PLC's**

Se debe implementar una topología de Cliente / Master en la arquitectura de control en donde el RTU Master debe ser un SICAM y el mismo debe almacenar todas las variables que se visualizan en el SCADA local, desde I/O analógicos, Digitales, Sensores, Protecciones, Caudalímetros, entre otros.

Los controladores programables (PLCs) y unidades terminales remotas UTRs suministrados por el Contratista serán de tecnología reciente y de amplia utilización en la industria, deberán cumplir con la normativa IEC 61131-3. Los equipos suministrados serán flexibles y modulares con capacidad de manejar protocolos abiertos y adaptarse a las necesidades actuales y las del futuro inmediato con una alta confiabilidad.

Estos controladores programables tendrán la capacidad de procesar las variables analógicas-digitales de todo el Proyecto. La cantidad de entradas y salidas analógicas-digitales serán las necesarias para recibir el estado de todas las variables disponibles que permitan de forma confiable y segura un control y supervisión de la Central.

Los controladores programables del Sistema de Control ejecutarán las órdenes o comandos generados por el operador hacia los equipos de la planta, según sea dispuesto. Estos comandos pueden ser generados desde el Tablero de Mandos y

Alarmas o emitidos desde el Centro de Control de COOPELESCA. Por este motivo el Sistema de Control deberá contar con un sistema de discriminación para establecer desde qué punto se está controlando la planta, el control será activo solo en un equipo a la vez.

Para todas las variables adquiridas por los controladores programables, se deberá mostrar una bandera de calidad, de forma que las variables con falla no estarán disponibles para el Sistema de Control Central (SCC), así se evitará el almacenamiento en la base de datos de señales erróneas. Estas señales serán identificadas en todos las interfaces humano-máquina de forma que se indique al operador que la señal se encuentra en falla.

Será total responsabilidad del Contratista la realización del sistema en cuanto a almacenamiento en base de datos, pantallas, mímicos, manejo de eventos y alarmas, la presentación de reportes periódicos y la definición de la política de respaldos según lo establecido en estos requerimientos. Para este fin, el Contratista presentará un cronograma de definición y programación del Sistema de Control.

#### **4.2.1.9 Aplicaciones por parte del Proveedor**

Se deben brindar los códigos fuentes del Sistema SCADA Local y brindar una capacitación de programación de la misma. El software del SCADA debe tener habilitada la licencia de ICCP.

Según las especificaciones establecidas en el contrato con el proveedor acerca del sistema de supervisión y control se debe supervisar que cuente con las siguientes características:

- Alta seguridad y confiabilidad
- Facilidad y flexibilidad de operación
- Alta disponibilidad

- Capacidad para trabajar en forma desatendida
- Facilidades para la detección de fallas.
- Redundancia en conexión y enlaces con los equipos
- Respaldo automático de los datos, discos en imagen
- Sistemas SCADA redundantes.
- Indicadores de alarmas sonoras y visuales
- Indicadores de disparos
- Historiadores
- Almacenamiento e impresión de eventos

Además se debe habilitar una licencia de un historiador, del software de lectura de los Relés de protección y de los PLC's así como también brindar una capacitación de cada uno de los sistemas.

El Contratista suministrará el programa (software) utilizado para la conexión local y remota de cada uno de los relés de protecciones incluyendo las respectivas licencias, el cual cumplirá con los siguientes requerimientos como mínimo:

- Funcionamiento en ambiente Windows
- Permitirá la comunicación local (por medio de puerto serial local en cada relé de protección) y remota (por medio de concentrador digital) entre un microcomputador del Cliente y cada uno de los relés de protección.
- Permitirá la descarga y ajuste de parámetros del relé
- Permitirá la visualización, almacenamiento e impresión de mediciones, eventos, alarmas y demás información del relevador.
- Permitirá la lectura, visualización y análisis de eventos de fallas (oscilografía) almacenados, valores analógicos y digitales. Restituirá los datos de forma gráfica y representando los canales en diferentes colores para una identificación clara.



- Permitirá las siguientes funciones: protección por medio de palabra clave, facilidades de adaptación de la pantalla a la sección de interés (zoom), posibilidad de selección de puntos para ver detalle de amplitud, desfase de ángulo, etc.
- Permitirá el almacenamiento e impresión de reportes.
- Manejo de archivos en formato IEEE COMTRADE (Common Format for Transient Data Exchange).

#### **4.2.1.10 Sistema de Video y Vigilancia**

Se suministrará un sistema de vídeo que incluya 6 cámaras de vídeo a color para supervisar diferentes puntos de casa de máquinas y áreas exteriores como toma de agua y subestación. Se incluirá el software y licencias respectivas para visualizar el vídeo en la computadora.

Cada cámara incluirá servidor de vídeo con las siguientes características: canal de voz y audio, conexión a explorador Web, enlace Ethernet. Se incluirá micrófono y parlante para cada cámara.

Se incluirá dentro del suministro todos los cables de alimentación y comunicaciones con accesorios necesarios. Convertidores ópticos y fibra óptica serán incluidos para todas las cámaras.

Se requiere alimentación auxiliar proveniente de UPS y protectores de transientes para proteger los equipos.

Algunas características básicas de las cámaras de vídeo son las siguientes:

- Domo con imagen digital y a color.
- Para uso a la intemperie con una protección mínima de IP 66.
- Con capacidad de rotación en dos planos (0° a 270°)
- Detección automática de movimiento

- Enfoque motorizado (zoom)
- Control remoto
- Puerto para programación.
- Indicación de estado por medio de contacto (a incorporar al sistema de control).
- Temperatura de operación hasta 55° centígrados.

#### **4.2.2 Planificación del Alcance**

Dentro de la Gestión del Alcance existen dos herramientas importantes, La Declaración del Alcance y la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). El Chárter o Acta de Constitución es el insumo de esta gestión, el que autoriza el proyecto y lo define preliminarmente, además presenta el nivel de actividades estrictamente necesarias y orientadas con los objetivos del proyecto según lo requerimientos definidos.

La planificación del alcance es el proceso progresivo de desarrollo del alcance del proyecto, como base para la toma de futuras decisiones de acuerdo entre el equipo del proyecto y la empresa VOITH HYDRO.

El plan de gestión del alcance proporciona orientación sobre cómo el equipo de la dirección del proyecto definirá, documentará, verificará, gestionará y controlará el alcance del proyecto, además permitirá la creación de la EDT y especificará cómo se obtendrá la verificación y aceptación formal de los puntos entregables completados, así mismo, pautará el control de cómo se procesarán las solicitudes de cambio.

Para la definición del alcance se utilizó como insumo la información definida en la plantilla de la Declaración del Alcance de Trabajo que se visualiza en la Figura 7.

**COOPELESCA R.L.**

**COOPELESCA**  
Forjando el desarrollo de la Zona Norte

**PROYECTO:** Plan de proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.

**FECHA:** 22/07/2011

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Centro de Control de COOPELESCA, tiene la responsabilidad de organizar, monitorear y vigilar la generación en procesos tales como: la disponibilidad, el caudal necesario y el nivel de agua adecuado del embalse para gestionar a través de Subestaciones y líneas de transmisión el transporte de la energía generada hasta la red de distribución de COOPELESCA.

Con base a lo anterior, surge la necesidad de un sistema que permita la visualización remota de las variables operativas involucradas en el proceso de generación de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí, es decir que toda la información relevante sea canalizada hasta el Centro de Control de COOPELESCA, todo esto para aportar al desarrollo empresarial y manipulación adecuada de la información y sobre todo para cumplir con la Regulación del Sistema Nacional Interconectado por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

**OBJETIVOS DEL PROYECTO****Objetivo General**

Elaborar un plan de gestión de proyecto que contenga la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada de un Sistema Remoto que se encargue de la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí

**Objetivo Específicos**

1. Definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de desglose del trabajo para tener una clara visión de las labores a realizar y ejecutar el proyecto de forma exitosa.
2. Definir las actividades con sus estimaciones de tiempo que precisen los productos entregables para que guíen el accionar en el Proyecto de Desarrollo del SCADA Remoto Cubujuquí.
3. Desarrollar un plan de Recursos Humanos para identificar responsabilidades y delimitar el rol de cada recurso involucrado en el proyecto.
4. Desarrollar una estrategia de comunicación que garantice el flujo adecuado y pertinente de la información para evaluar las oportunidades y deficiencias en un tiempo oportuno, definiendo las necesidades de información para cada recurso del proyecto.
5. Elaborar el diseño de las pantallas de HMI para el Sistema de Control Remoto Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí integrado a la plataforma del Centro de Control de Coopelesca.

<b>DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PRODUCTO PRINCIPAL</b>
<p>En este proyecto se estará realizando la planificación de una forma tal que todo el proceso de producción de energía se logre automatizar, el sistema de control y supervisión local de dicho proceso estará a cargo de la empresa SIEMENS desarrollado por Voith Hydro bajo la herramienta WinCC, pero el sistema de control y supervisión remota estará a cargo del Centro de Control de COOPELESCA desarrollado bajo la herramienta de Survalent aplicando las buenas prácticas en Administración de Proyectos.</p> <p>Unos de los principales objetivos con la realización de este proyecto es lograr una definición clara del alcance del proyecto, los entregables y la estructura de desglose de trabajo. Así mismo, definir una estrategia de comunicación oportuna que garantice el flujo adecuado de la información que propicie la integración de los diferentes departamentos de COOPELESCA y proveedores, ya que un atraso en alguna actividad puede repercutir seriamente en la parte económica.</p> <p>Además se desea que con el desarrollo de este documento queden confeccionados los respectivos diseños de las pantallas de HMI para el Sistema de Control Remoto Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.</p>
<b>ENTREGABLES DEL PROYECTO</b>
<p>Con la realización de este proyecto se obtendrán los siguientes entregables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un plan de gestión del proyecto.</li> <li>▪ Identificación de los requisitos.</li> <li>▪ Definición del alcance.</li> <li>▪ Una estructura de división de trabajo.</li> <li>▪ Definición de las actividades.</li> <li>▪ Secuenciar las actividades.</li> <li>▪ Estimar los recursos de las actividades</li> <li>▪ Estimar la duración de las actividades</li> <li>▪ Desarrollar el Cronograma</li> <li>▪ Desarrollar el plan de RRHH</li> <li>▪ Planificar las comunicaciones</li> <li>▪ Diseño de las pantallas de la interfaz gráfica del</li> </ul>
<b>RESTRICCIONES DEL PROYECTO</b>
<p>La comunicación con algunos proveedores debe realizarse por correo electrónico. Algunos términos y requisitos de los contratos ya están definidos.</p>
<b>SUPUESTOS DEL PROYECTO</b>
<p>Disponibilidad de información de los involucrados del proyecto. La frecuencia de los periodos de presentación de informes. Actualmente el cronograma del proyecto se encuentra adelantado.</p>

Figura 7. Plantilla de la Declaración del Alcance de Trabajo.

### **4.2.3 Estructura de Desglose del Trabajo**

La Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), es una descomposición jerárquica del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, mediante esta descomposición de las actividades en elementos menores se facilita su visualización, entendimiento, planeación, ejecución, monitoreo y control.

El trabajo del proyecto es subdividido en forma progresiva, hasta el nivel de detalle según los requerimientos del proyecto, de forma tal que, permita definir tareas manejables a los efectos de planificación y control, manteniendo una visión integrada del proyecto.

La E.D.T. requiere de la descomposición o subdivisión de los productos entregables de un proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar (hasta el nivel del paquete de trabajo, es decir cuándo el costo y el plazo para que el trabajo pueda estimarse de forma fiable). En la Figura 8 se muestra la EDT del proyecto del SCADA Remoto de Cubujuquí.

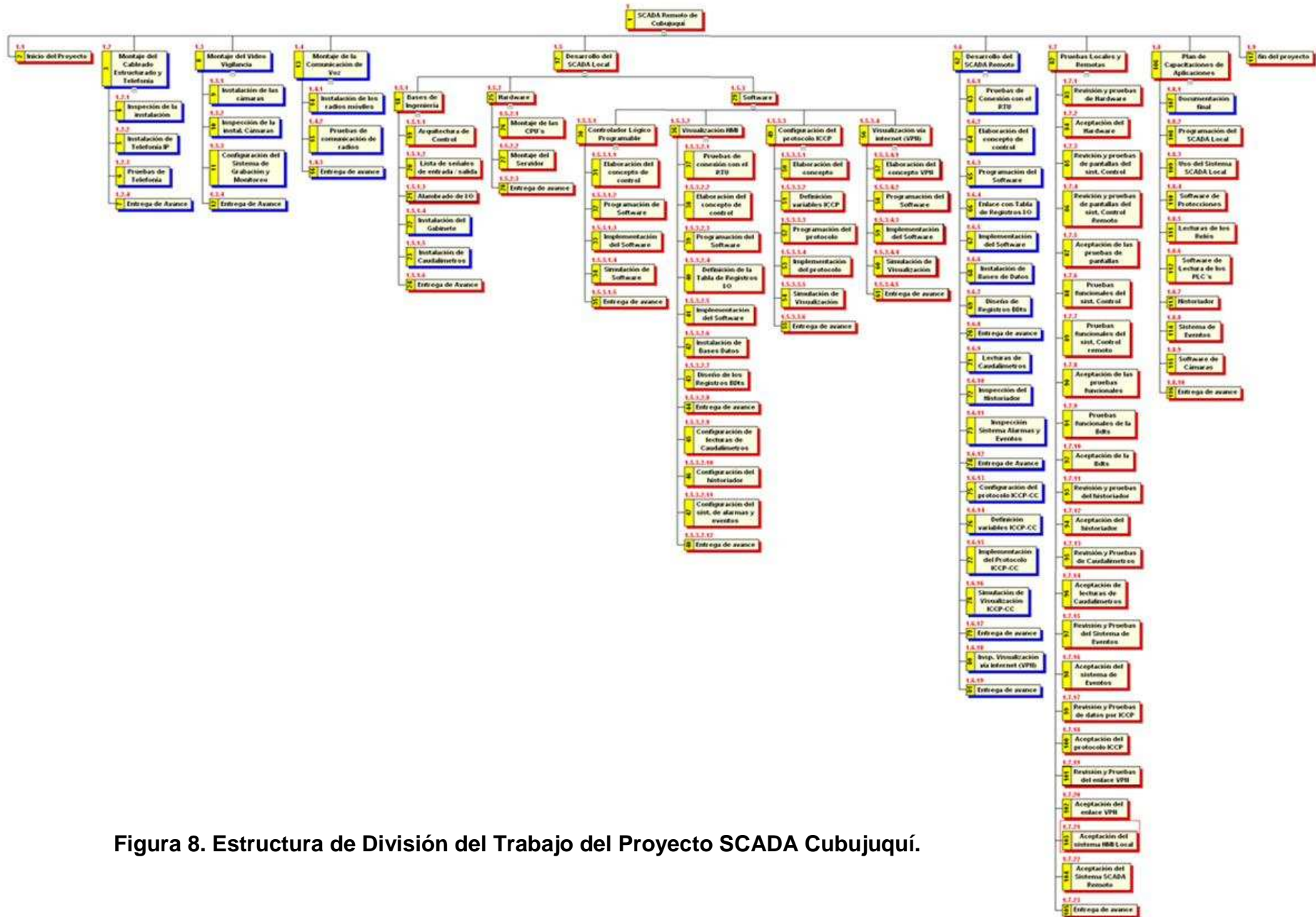


Figura 8. Estructura de División del Trabajo del Proyecto SCADA Cubujuguí.

### **4.3 GESTIÓN DEL TIEMPO**

Un atraso en el ingreso de operación comercial de la Planta Hidroeléctrica implicaría una gran pérdida económica para COOPELESCA, no solo por la pérdida productiva, sino también, por los recursos económicos que implicaría una descoordinación en el despacho de la producción, de ahí, que la planificación del tiempo del desarrollo del Sistema SCADA Remoto debe ser acertada.

La ruta crítica del proyecto es con base al desarrollo del Sistema SCADA Local, de ahí la importancia de lograr una adecuada coordinación con los personeros de VOITH HYDRO.

Se realizaron visitas al Proyecto Hidroeléctrico Sigifredo Solís Solís, el cual tiene ya implementado un sistema SCADA bajo la misma plataforma que se estaría integrando a Cubujuquí, lo cual fue saludable para aumentar el grado de familiaridad con conceptos relativamente desconocidos y facilitar información más completa sobre el Sistema SCADA.

#### **4.3.1 Identificación de las Actividades**

Para la identificación de las actividades se utilizara el EDT realizado y se estudiará la posibilidad de descomponer más las actividades, esto con el objetivo de un manejo más fácil del cronograma.

#### **4.3.2 Secuencia de las Actividades**

Para realizar la secuencia de las actividades se tomó como base la secuencia de actividades que desarrollarán los personeros de Voith Hydro en la implementación del Sistema de Control Central en casa de máquinas, ya que el proyecto de Control Remoto debe ser implementado en paralelo con el Sistema de Control Central. Además se utilizó el conocimiento del juicio experto de personas que hayan estado involucrados en proyectos anteriores para definir la secuencia de otras actividades no visualizadas en el SCADA Local y necesarias

específicamente para la aplicación Remota. Para la elaboración del cronograma fue vital analizar cuales actividades son dependientes y deben finalizar antes que otras deban comenzar para que el proyecto termine en orden, en el tiempo acordado y conforme al Sistema Central.

### **4.3.3 Duración de las Actividades**

La estimación del tiempo de la implementación del SCADA Local, fue tomado del cronograma propuesto por personeros de VOITH HYDRO y especificado a un nivel mas de detalle por criterios de expertos del Centro de Control, de igual forma como se hizo en las secuencias de las actividades, solamente en aquellas labores que son necesarias propiamente para el desarrollo del Sistema Remoto se utilizó el juicio experto, basado en cuanto ha durado cada una en el pasado.

Con base en el alcance definido para el proyecto se aplicaron los procesos de gestión del tiempo para establecer la lista de actividades, su secuencia, establecer los recursos y sus duraciones para finalmente crear el cronograma.

En el desarrollo del cronograma se hizo uso del diagrama de barras o de Gantt que despliega el Microsoft Project 2007, en su vista de Gantt de seguimiento se aprecian los paquetes de tareas descompuestos en subtareas, en el mismo se observan sus fechas de inicio y términos, sus duraciones y la ruta crítica que nos indica aquellas actividades cuya variación en duración o fechas de inicio va a afectar la fecha de entrega final de proyecto.

En el Anexo 11, se muestra el diagrama Grantt con la ruta crítica y los hitos de las tareas más importantes. Este cronograma establece la base para la calendarización de los recursos que son importantes para la previsión y control del proyecto.



#### 4.4 GESTIÓN DEL RECURSO HUMANO

Se diseñó una matriz de roles y funciones para el Proyecto, con el fin de relacionar a los involucrados con rol y responsabilidad respecto a los entregables de la E.D.T. durante el proceso de ejecución. Esto facilita conocer quién es el responsable de un entregable determinado, aplicando en ella sus habilidades y conocimientos. En el Cuadro 7 se representa la matriz de roles y responsabilidades para cada uno de los entregables, en ella se aprecia quien es el encargado y quiénes son los colaboradores secundarios o contribuyentes asignados.

**Cuadro 6: Matriz de Roles y Responsabilidades.**

<b>Matriz de Roles y Responsabilidades</b>  <b>Proyecto:</b> Plan de Proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí	INVOLUCRADOS							
	Subgerencia de Producción de energía	Departamento de TI	Infocomunicaciones	VOITH HYDRO	Departamento de Centro de Control	Depart. de Operación y Mantenimiento	Unidad de Integración	Unidad de Operación
<b>ACTIVIDADES</b>								
<b>Montaje del Cableado Estructurado y Telefonía</b>								
Inspección de la instalación		E						
Instalación de Telefonía IP		R		E				
Pruebas de Telefonía		E						
Entrega de Avance	S	I			A			
<b>Montaje del Video Vigilancia</b>								
Instalación de las cámaras			R	E			P	
Inspección de la instal. Cámaras			R	E			P	
Configuración del Sistema de Grabación y Monitoreo				E			R	
Entrega de Avance	S				A		I	
<b>Montaje de la Comunicación de Voz</b>								
Instalación de los radios móviles			E		R			
Pruebas de comunicación de radios			E		R			
Entrega de avance	S		I		A			

<b>Matriz de Roles y Responsabilidades</b>  <b>Proyecto:</b> Plan de Proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí	INVOLUCRADOS							
	Subgerencia de Producción de energía	Departamento de TI	Infocomunicaciones	VOITH HYDRO	Departamento de Centro de Control	Depart. de Operación y Mantenimiento	Unidad de Integración	Unidad de Operación
<b>ACTIVIDADES</b>								
<b>Bases de Ingeniería (SCADA Local)</b>								
Arquitectura de Control				E			P	
Lista de señales de entrada / salida				E			P	
Alambrado de I/O				E				
Instalación del Gabinete			R	E				
Instalación de Caudalímetros				E			P	
Entrega de Avance	S			I	A			
<b>Hardware (SCADA Local)</b>								
Montaje de las CPU's		R		E				
Montaje del Servidor		R		E			P	
Entrega de avance	S			I	A			
<b>Controlador Lógico Programable (SCADA Local)</b>								
Elaboración del concepto de control				E				
Programación de Software				E				
Implementación del Software				E				
Simulación de Software				E			R	
Entrega de avance	S			I	A			
<b>Visualización HMI (SCADA Local)</b>								
Pruebas de conexión con el RTU				E				
Elaboración del concepto de control				E				
Programación del Software				E				
Definición de la Tabla de Registros I/O				E			P	
Implementación del Software				E				
Instalación de Bases Datos		R		E			P	
Diseño de los Registros BDts		R		E			P	
Entrega de avance				I	A			
Configuración de lecturas de Caudalímetros				E			P	
Configuración del historiador				E			P	

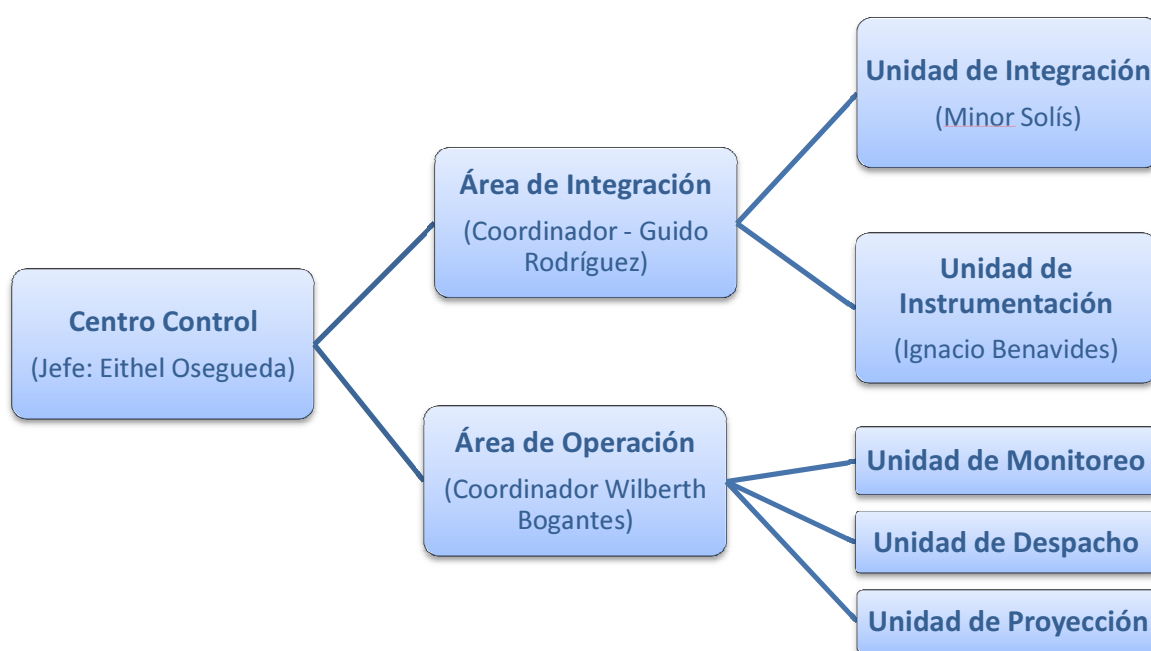
<b>Matriz de Roles y Responsabilidades</b>  <b>Proyecto:</b> Plan de Proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí	INVOLUCRADOS							
	Subgerencia de Producción de energía	Departamento de TI	Infocomunicaciones	VOITH HYDRO	Departamento de Centro de Control	Depart. de Operación y Mantenimiento	Unidad de Integración	Unidad de Operación
<b>ACTIVIDADES</b>								
Configuración del sist. de alarmas y eventos				E			P	
Entrega de avance	S			I	A			
<b>Configuración del protocolo ICCP (SCADA Local)</b>								
Elaboración del concepto				E				
Definición variables ICCP				E			P	
Programación del protocolo				E				
Implementación del protocolo				E				
Simulación de Visualización				E			P	
Entrega de avance	S			I	A			
<b>Visualización vía internet (VPN)-(SCADA Local)</b>								
Elaboración del concepto VPN		R		E				
Programación del Software				E				
Implementación del Software				E				
Simulación de Visualización		R		E			P	
Entrega de avance	S			I	A			
<b>Desarrollo del SCADA Remoto</b>								
Pruebas de Conexión con el RTU					C		E	
Elaboración del concepto de control					C		E	
Programación del Software					C		E	
Enlace con Tabla de Registros I/O				P	C		E	
Implementación del Software					C		E	
Instalación de Bases de Datos		R			C		E	
Diseño de Registros BDts		R			C		E	
Entrega de avance	S				I			
Lecturas de Caudalímetros					C		E	
Inspección del Historiador							C	
Inspección Sistema Alarmas y Eventos							C	
Entrega de Avance	S				A		I	

Matriz de Roles y Responsabilidades	INVOLUCRADOS							
	Subgerencia de Producción de energía	Departamento de TI	Infocomunicaciones	VOITH HYDRO	Departamento de Centro de Control	Depart. de Operación y Mantenimiento	Unidad de Integración	Unidad de Operación
<b>Proyecto:</b> Plan de Proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí								
<b>ACTIVIDADES</b>								
Configuración del protocolo ICCP-CC					C		E	
Definición variables ICCP-CC				P	C		E	
Implementación del Protocolo ICCP-CC					C		E	
Simulación de Visualización ICCP-CC				P	C		E	
Entrega de avance	S				I			
Insp. Visualización vía internet (VPN)							C	
Entrega de avance	S				A		I	
<b>Pruebas Locales y Remotas</b>								
Revisión y pruebas de Hardware				E			S	
Aceptación del Hardware				I	A		P	
Revisión y pruebas de pantallas del sist. Control				E			S	
Revisión y pruebas de pantallas del sist. Control Remoto				P			E	
Aceptación de las pruebas de pantallas					A		I	
Pruebas funcionales del sist. Control				E			S	
Pruebas funcionales del sist. Control remoto				P			E	
Aceptación de las pruebas funcionales					A		I	
Pruebas funcionales de la Bdts				E			S	
Aceptación de la Bdts					A		I	
Revisión y pruebas del historiador				E			S	
Aceptación del historiador					A		I	
Revisión y Pruebas de Caudalímetros				E			S	
Aceptación de lecturas de Caudalímetros					A		I	
Revisión y Pruebas del Sistema de Eventos				E			S	
Aceptación del sistema de Eventos					A		I	
Revisión y Pruebas de datos por ICCP				E			S	
Aceptación del protocolo ICCP					A		I	
Revisión y Pruebas del enlace VPN				E			S	
Aceptación del enlace VPN					A		I	

<b>Matriz de Roles y Responsabilidades</b>  <b>Proyecto:</b> Plan de Proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí	INVOLUCRADOS							
	Subgerencia de Producción de energía	Departamento de TI	Infocomunicaciones	VOITH HYDRO	Departamento de Centro de Control	Depart. de Operación y Mantenimiento	Unidad de Integración	Unidad de Operación
<b>ACTIVIDADES</b>								
Aceptación del sistema HMI Local					A		I	
Aceptación del Sistema SCADA Remoto					A		I	
Entrega de avance	S				I			
<b>Plan de Capacitaciones de Aplicaciones</b>								
Documentación Final				E	A		P	
Programación del SCADA Local				E	C		P	
Uso del Sistema SCADA Local				E	C		P	P
Software de Protecciones				E	C	P	P	
Lecturas de los Relés				E	C	P	P	
Software de Lectura de los PLC's				E	C	P	P	
Historiador				E	C		P	P
Sistema de Eventos				E	C		P	P
Software de Cámaras				E	C		P	P
Entrega de avance	S				I			

Simbología Matriz de Roles y Responsabilidades	
Ejecuta	E
Participa	P
Coordina	C
Revisa	R
Aprueba	A
Informa	I
Supervisa	S

La organización incluye un líder o cabeza al mando, por decirlo de una manera y personas que le secundan, este es responsable de las actividades de dirección de proyectos, como se aprecia en la Figura 9. El organigrama ayuda a definir la línea de autoridad, la dependencia organizacional y la toma de decisiones.



**Figura 9. Organigrama del proyecto del SCADA Remoto.**

#### **4.5 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES**

Todos los involucrados en el proyecto deben comprender como afectan las comunicaciones entre los procesos para asegurar la generación, recepción, distribución, almacenamiento, recuperación y destino final de la información del proyecto en tiempo y forma.

Es importante identificar las necesidades de comunicación del proyecto y definir los medios adecuados para obtenerla y distribuirla con el objetivo de garantizar el éxito.

Considerando lo expuesto anteriormente, en el Cuadro 8 se muestra una matriz de comunicación la cual describe quienes son los responsables de preparar los informes y a quienes se les deben presentar.

Adicionalmente se definieron los voceros y coordinación para el manejo de la información, como también los medios de comunicación a utilizar durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Estos documentos serán generados por los diferentes responsables ya indicados en la Matriz de Comunicación y con el fin de establecer los parámetros se debe de contar con la siguiente información como mínimo:

- Actividad
- Recibido Por
- Asunto
- Fecha
- Código de Documento (código consecutivo para los documentos impresos según la Subgerencia de Producción de Energía).
- Autor y Responsable

**Cuadro 7: Matriz de Comunicación del Proyecto.**

Involucrados	Rol en el proyecto	Reporte Mensual	Minutas con Reunión VOITH HYDRO	Minutas con Reunión INFO	Minutas con Reunión TI	Solicitud de cambios en el Plan	Plan de Proyecto	Reporte de cierre
		Mensual	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Mensual	Avances
Marcelino Blanco Umaña	Director del proyecto	R				R		R
Fernando Chavarría	Supervisor Electromecánico						G @	G @
Eithel Osegueda Gómez	Administrador del proyecto	G D	G @	G @	G @	R	@	G D
Guido Rodríguez Murillo	Encargado de la integración del SCADA Remoto		R @			G D	G @	G D
Ignacio Benavides	Colaborador de la integración del SCADA Remoto		R @				G @	
Minor Solis	Colaborador de la integración del SCADA Remoto		R @				G @	
Wilberth Bogantes	Encargado de la operación de la planta						G @	
Daniel Rojas	Encargado de los enlaces de comunicación			R @			G @	G @
Miguel Fernández	Colaborador de los enlaces de comunicación			R @			G @	G @
Jorge Torres	Colaborador de los enlaces de comunicación			R @			G @	G @
Emilio Vázquez	Supervisor del cableado estructurado				R @		G @	G @
Javier Fernandez	Supervisor del Hardware				R @		G @	G @
Personeros de VOITH HYDRO	Encargados de la integración del SCADA Local		R			G D	G @	G D

Simbología Matriz de Comunicación del Proyecto	
Correo electrónico	@
Reporte impreso	D
Genera la información	G
Recibe la información	R



Mediante los siguientes medios de comunicación se gestionará la información dentro del proyecto:

- **Correos electrónicos:** para comunicación formal e informal según la ocasión; estos se deberán de redactar en forma clara y en un esquema de numeración de las ideas que se requieren transmitir. Se copiará únicamente a los involucrados con la información, para no entorpecer la solución o la idea que se quiere transmitir, así como también a los encargados del control del desarrollo del proyecto. Utilizado en todos los niveles.
- **Llamadas telefónicas:** Para la comunicación informal, si se genera algún acuerdo formal durante la misma, este se deberá de transcribir y enviar a todas las partes interesadas vía correo electrónico. Generado a todo nivel.
- **Cartas o Memorandos:** Para comunicación formal, estas deberán contener claridad en la redacción, y con revisión de redacción y ortografía; en caso de que sea complicado la ubicación personal se podrá dirigir a los interesados vía correo electrónico como archivo adjunto, con su correspondiente respaldo físico en archivo. Especialmente utilizada para realizar un comunicado formal a personeros de VOITH HYDRO.
- **Reuniones de Grupo:** estas deberán (en la medida de lo posible), no superar un lapso de 90 minutos, se ejecutarán reuniones para la coordinación de las labores con los diferentes departamentos involucrados con la frecuencia previamente acordada.
- **Informes de Avances:** estos informes resumen las actividades suministrada por los participantes al finalizar una o varias tareas importantes. Deberá incluir información clara que permita el análisis de la situación del proyecto y la toma de decisiones oportuna. El

administrador del proyecto será el encargado de elaborar los informes de avances cada vez que se requieran. Dentro del contenido que deberá tener el informe de avance se tiene lo siguiente:

- Número de informe
- Fecha de Presentación
- Destinatarios
- Periodo del informe (rango de fecha)
- Fecha posible de finalización (indicar si existe una variación)
- Detalle de las tareas finalizadas del proyecto
- Detalle de las tareas que continúan
- Comparación de lo real con lo planeado, describe el nivel alcanzado y un breve análisis de las causas de atrasos o adelantos del cronograma.
- Estados de problemas identificados.
- Acciones correctivas
- Firma del encargado.

Durante esta etapa se deberán definir y dejar claros los ítems de lugar, contactos y convocatoria, haciendo llegar estos, a todos los participantes involucrados, el medio que se utilizará para este fin será el correo electrónico Microsoft Outlook 2007 en donde se agendará y todos los participantes serán responsables de confirmar su asistencia, así como recomendar temas que les gustaría se aborden en la reunión.

Durante la reunión se deberá de presentar una agenda para mantener el orden, la correcta ejecución y la eficiencia de la reunión (previamente preparada con temas no resueltos de las reuniones anteriores mas los temas propuestos en las convocatorias). Se deberá de contar con un moderador (puede ser el administrador del proyecto el cual velará por los aspectos mencionados, además de mantener la secuencia de la reunión) y por último el administrador del proyecto

será responsable de transcribir todas las ideas y acuerdos tomados para los diferentes puntos de la agenda y los aspectos que salgan durante la reunión para la posterior redacción de la minuta, así como levantar la lista de los participantes.

Después de la reunión el administrador del proyecto deberá redactar todos los acuerdos y conformar la minuta antes de ser enviada a todos los participantes de la reunión y a los interesados ausentes por medio del correo electrónico.

En la Figura 10 se visualiza la plantilla para recopilar la información en cada una de las reuniones que se establecieron durante la ejecución del proyecto.

COOPELESCA R.L	
<b>COOPELESCA</b> <i>Forjando el desarrollo de la Zona Norte</i>	<b>PROYECTO DE SISTEMA SCADA REMOTO</b>
<b>MINUTA 001</b>	
<b>TEMA:</b> _____	<b>FECHA:</b> _____
<b>LUGAR:</b> _____	
<b>DURACIÓN:</b> _____	
<b>ADMINISTRADOR PROYECTO:</b> _____	
PARTICIPANTES	
TEMAS TRATADOS	
1	
2	
3	
ACUERDOS	
1	
2	
3	

Figura 10. Plantilla de la Minuta.

El control de cambios es un elemento de gran importancia dentro del desarrollo del proyecto, especialmente si afecta la duración o finalización de una actividad, así que en la Figura 11 se presenta la plantilla a utilizar para el adecuado control de cambios.

COOPELESCA R.L.		
<b>COOPELESCA</b> <i>Forjando el desarrollo de la Zona Norte</i>		<b>PROYECTO DE SISTEMA SCADA REMOTO</b>
<b>CONTROL DE CAMBIO</b>		
NÚMERO _____	FECHA: _____	
ASUNTO _____		
DESCRIPCIÓN		
JUSTIFICACIÓN		
INCIDENCIAS EN EL PROGRAMA GENERAL		
<b>Solicitante del cambio</b>	Aprobación del Director del Proyecto	Aprobación del Administrador del Proyecto
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:	Firma:
Fecha de aprobación		Hoja 1/1

Figura 11. Plantilla de Control de Solicitud de Cambio.

## 4.6 INTEGRACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA

La Interfaz Hombre Máquina es la forma en que el operador reconoce y manipula el sistema, es decir, es la parte que comunica al operador con el proceso.

Para lograr definir una posible solución de la Interfaz Hombre Máquina se ha tomado como base el sistema instalado en el Proyecto Hidroeléctrico Sigifredo Solís Solís, el cual tiene ya implementado un sistema SCADA bajo la misma plataforma que se estaría integrando a Cubujuquí, lo cual fue saludable para aumentar el grado de familiaridad con conceptos relativamente desconocidos y facilitar información más completa sobre el Sistema SCADA

La Figura 12 es la pantalla con la que el sistema inicia, en ella se pueden apreciar todas las variables principales que se deben monitorear continuamente de ambos generadores.

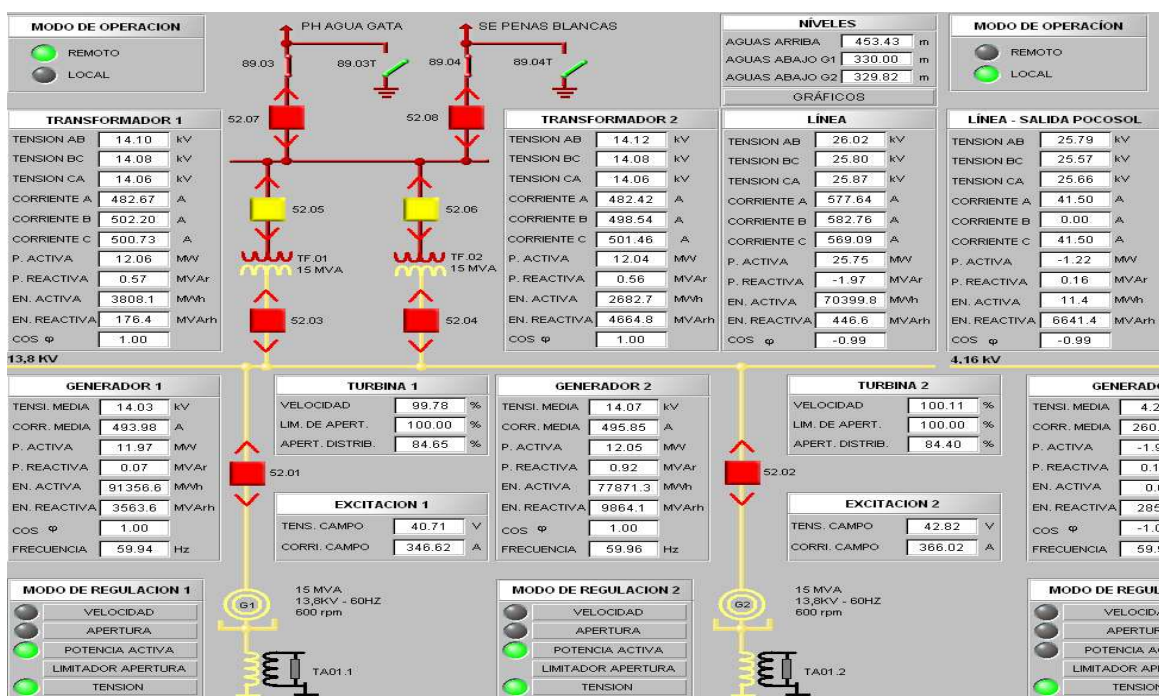
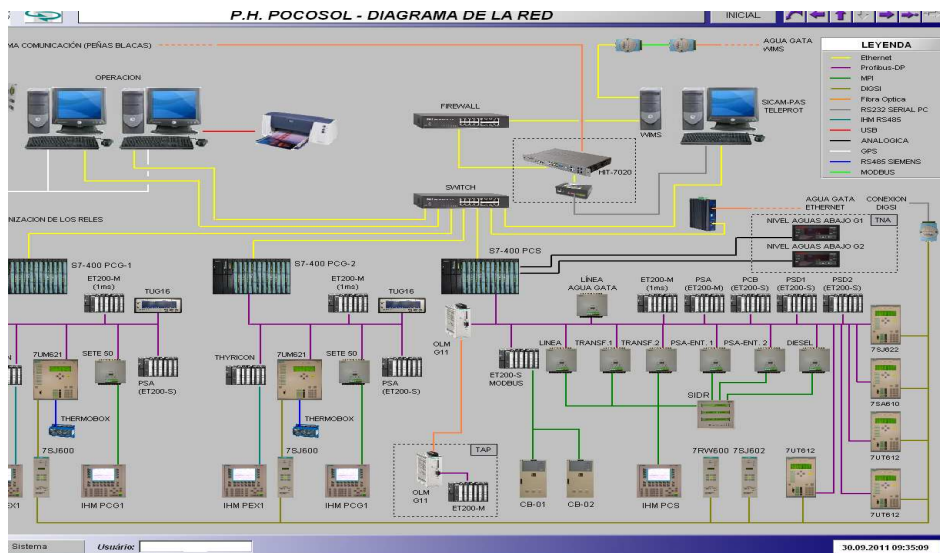


Figura 12. Pantalla Principal.

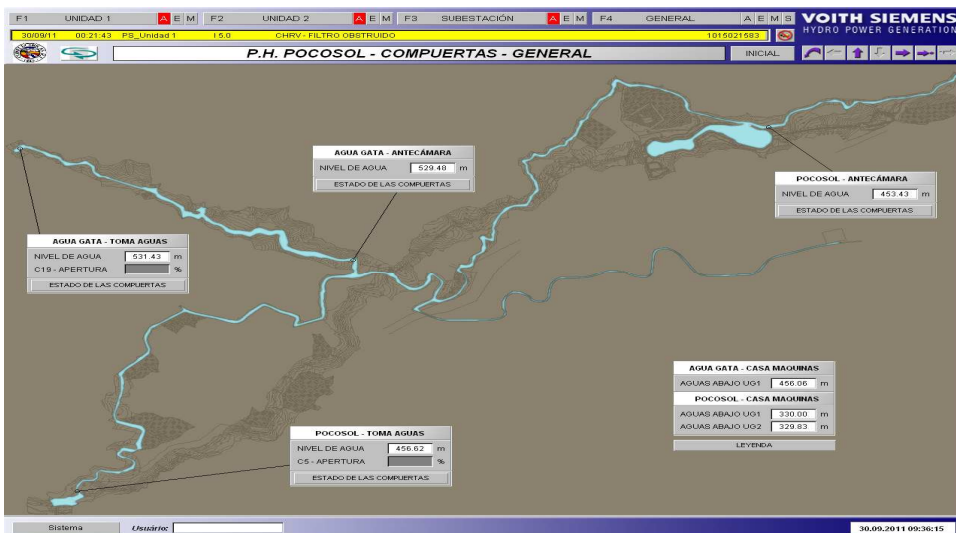
Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

La Figura 13 muestra el Diagrama de arquitectura de control y el estado de los equipos que integran el SCADA de una Planta.



**Figura 13. Pantalla de Arquitectura de Control.**  
**Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.**

En la Figura 14 se visualiza un diagrama geográfico de la Planta y los componentes que la forma tales como, toma de agua, embalses, generadores.



**Figura 14. Pantalla de Elementos Importantes de la Planta.**  
**Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.**

En la Figura 15 se muestra una pantalla en donde se puede apreciar el proceso de Arranque de un generador y los pasos que la conforman.

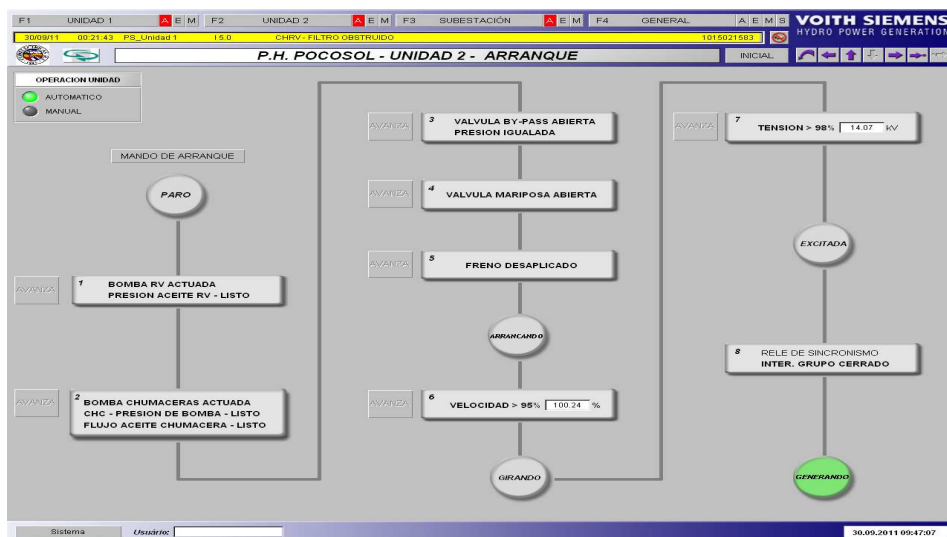


Figura 15. Pantalla de Arranque.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 16 se muestra una pantalla en donde se puede apreciar el proceso de Paro de un generador y los pasos que la conforman.

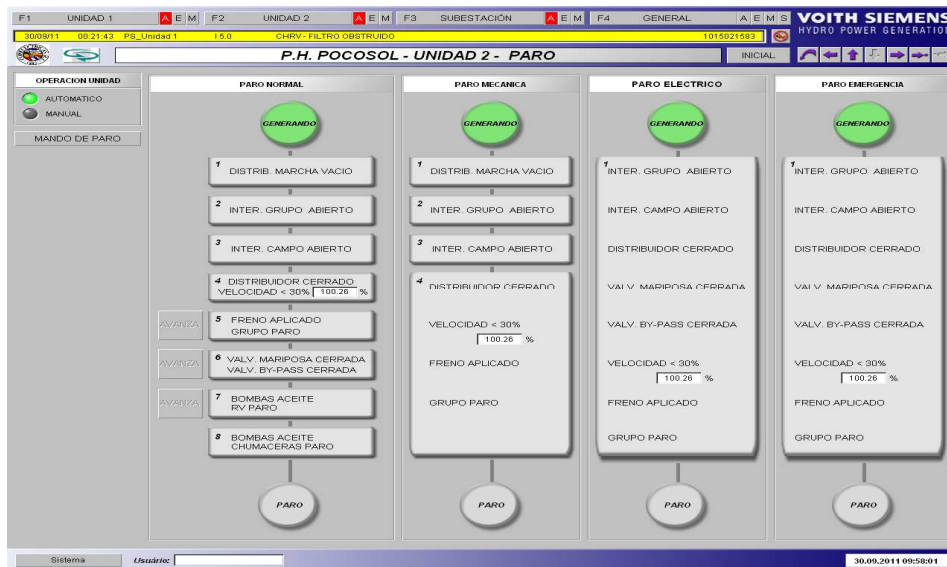


Figura 16. Pantalla de Paro.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 17 se visualiza una pantalla con el Diagrama de Protección tanto a nivel de generadores como de subestación.

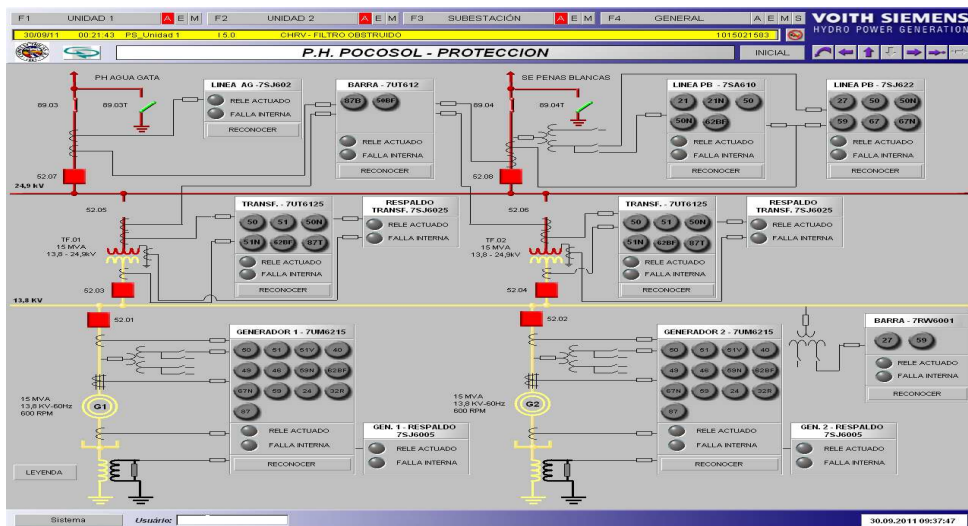


Figura 17. Pantalla de Diagrama de Protecciones.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 18 se muestra una pantalla con el diagrama de protección y los bancos de baterías que funcionan como respaldo.

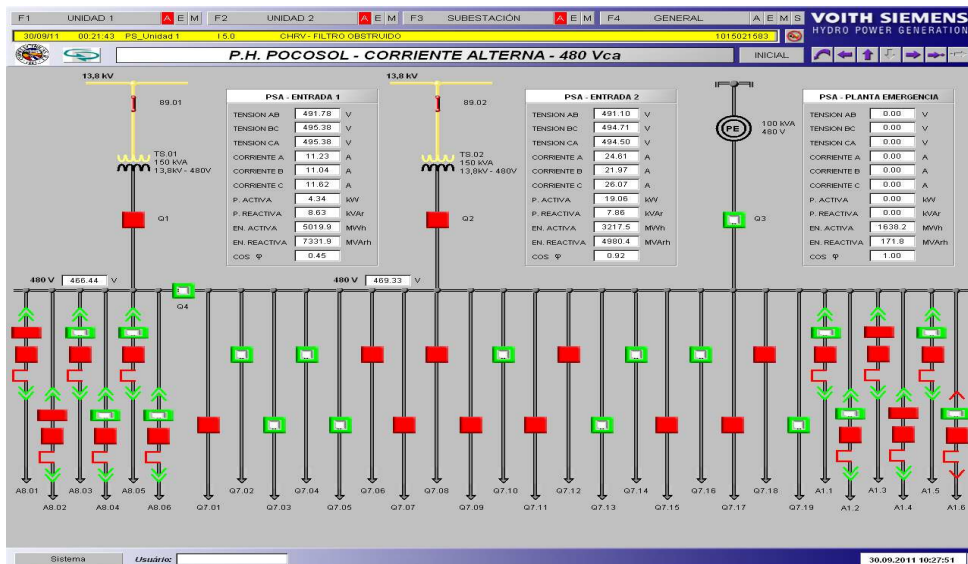


Figura 18. Pantalla de Corriente Alterna.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.



En la Figura 19 se observa la subestación de la planta con sus variables eléctricas, estados de los equipos y su comportamiento en el tiempo de forma gráfica.

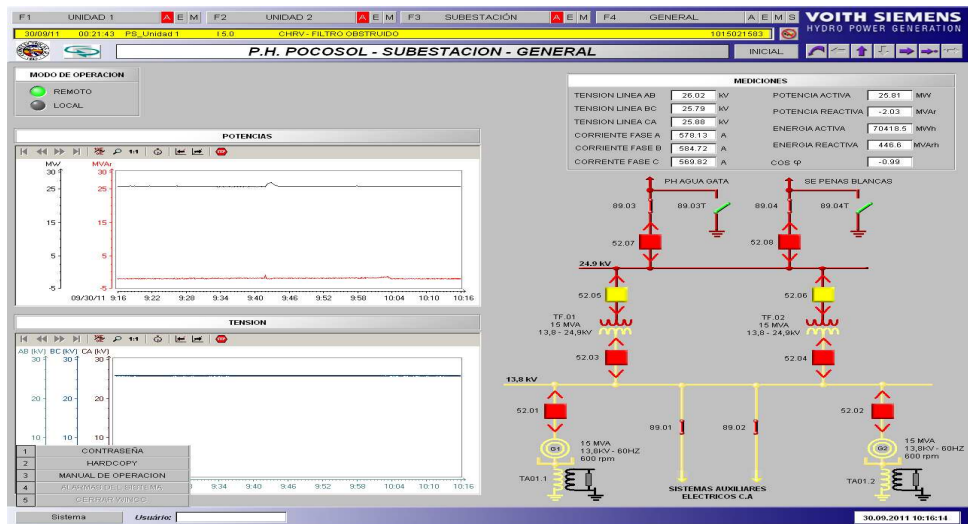


Figura 19. Pantalla del Diagrama de Subestación.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 20 se muestra el estado de las bombas de drenaje y achique para cada uno de los grupos de generación de la planta.

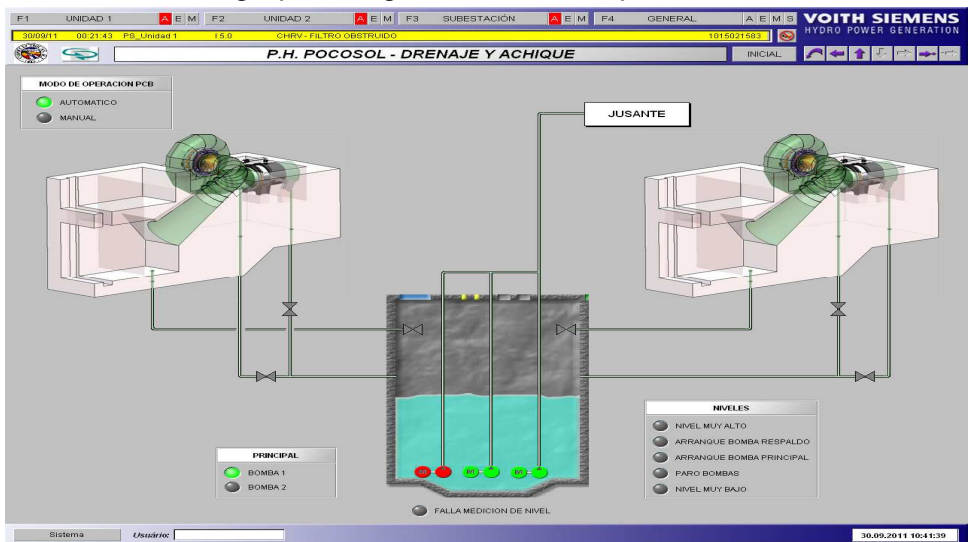


Figura 20. Pantalla de Drenaje y Achique.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 21 se puede ver la turbina de un grupo de generación con sus variables de lecturas y sensores importantes de controlar para lograr una adecuada producción de energía.

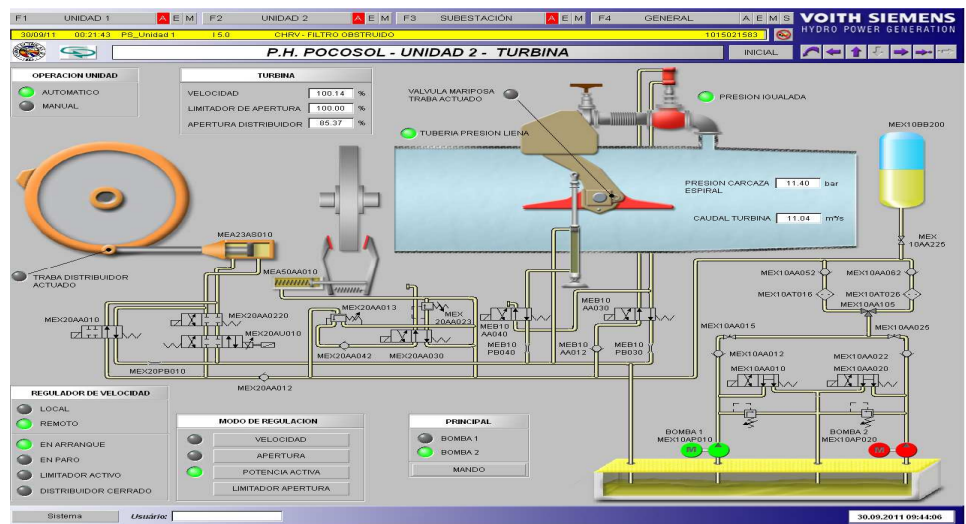


Figura 21. Pantalla de la Turbina.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

La Figura 22 muestra los estados de las compuertas y de una forma gráfica hace la referencia en dónde están ubicadas cada una de ellas.

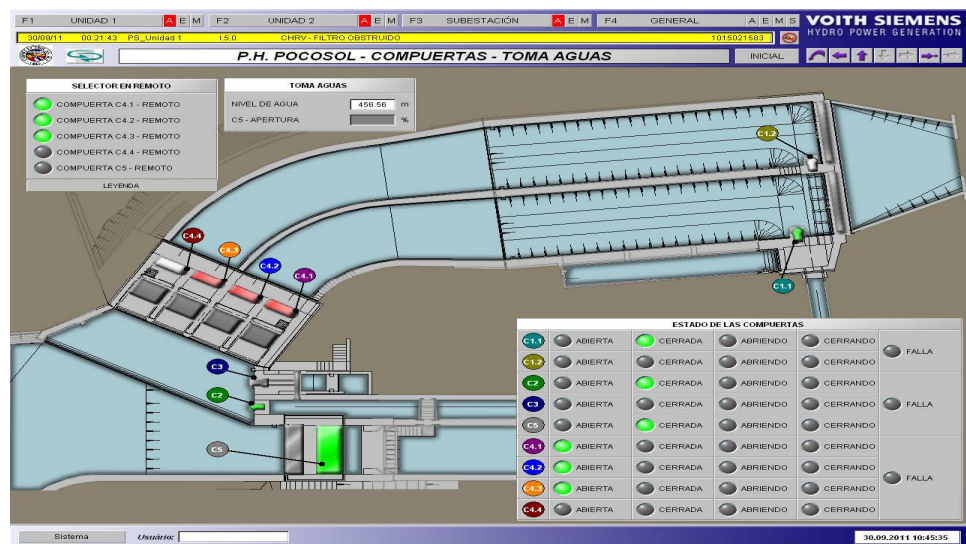


Figura 22. Pantalla de Compuertas en la Toma.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 23 se puede ver el generador con sus variables de lecturas y sensores importantes de controlar en el proceso de producción.

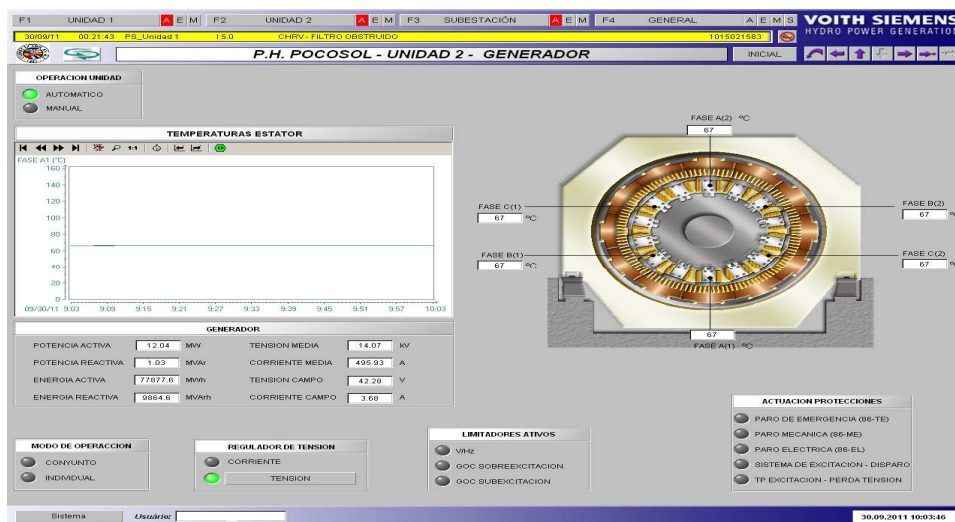


Figura 23. Pantalla del Generador.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

La Figura 24 muestra los estados de los equipos de lubricación y de una forma gráfica hace la referencia en dónde están ubicadas cada una de ellas.

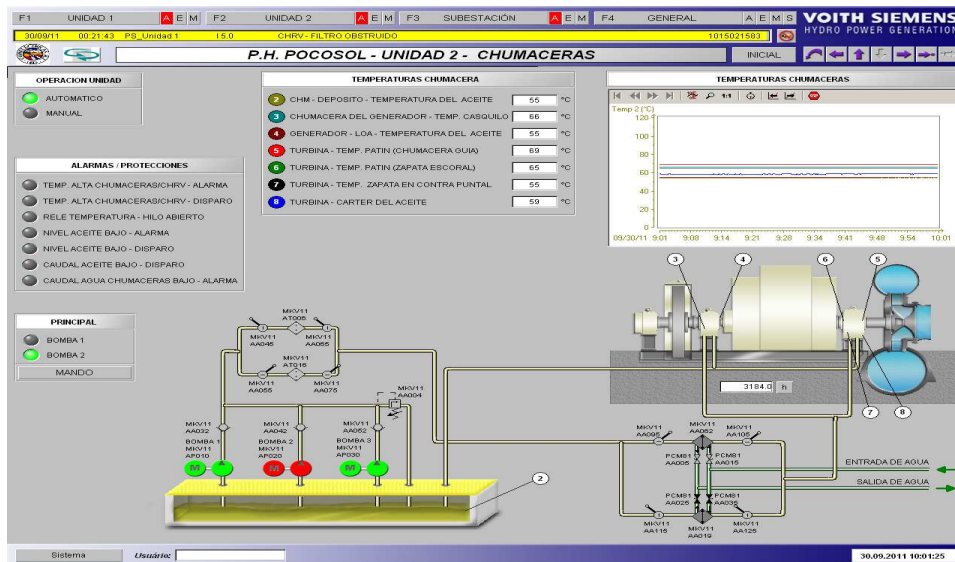


Figura 24. Pantalla de Lubricación.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 25 se muestra una pantalla en donde se visualizan una serie de leds que al encenderse alguno indican la presencia de una falla.

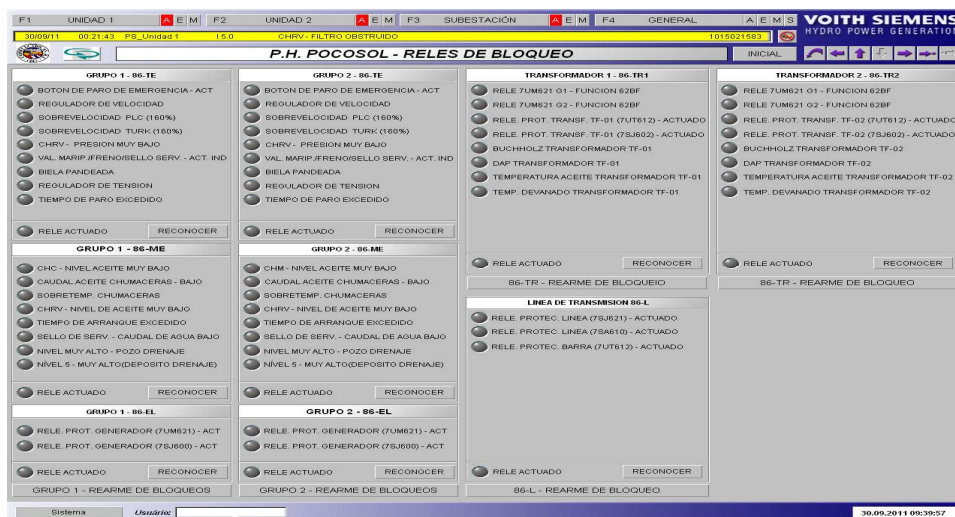


Figura 25. Pantalla de Relés de Bloqueo.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

La Figura 26 hace referencia a la potencia de cada uno de los generadores y al caudal utilizable, esto es útil para el control eficiente de generación.

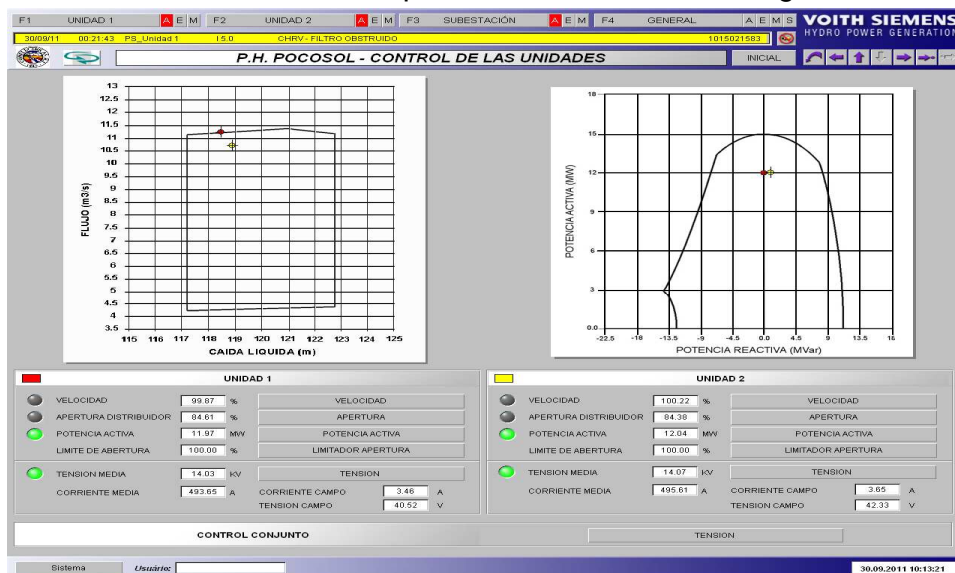


Figura 26. Pantalla de Eficiencia de Generación.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

Con la pantalla que se presenta en la Figura 27 se observa cómo se representan las variables de generación de forma gráfica.

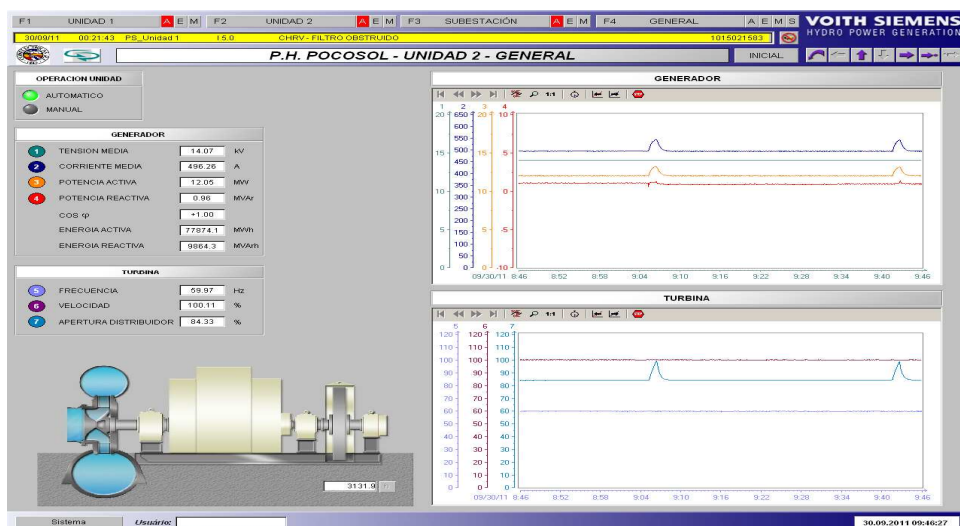


Figura 27. Pantalla de Histogramas.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

En la Figura 28 se visualiza una pantalla la cual presenta las variables analógicas y los estados de cada uno de los transformadores elevadores de voltaje.

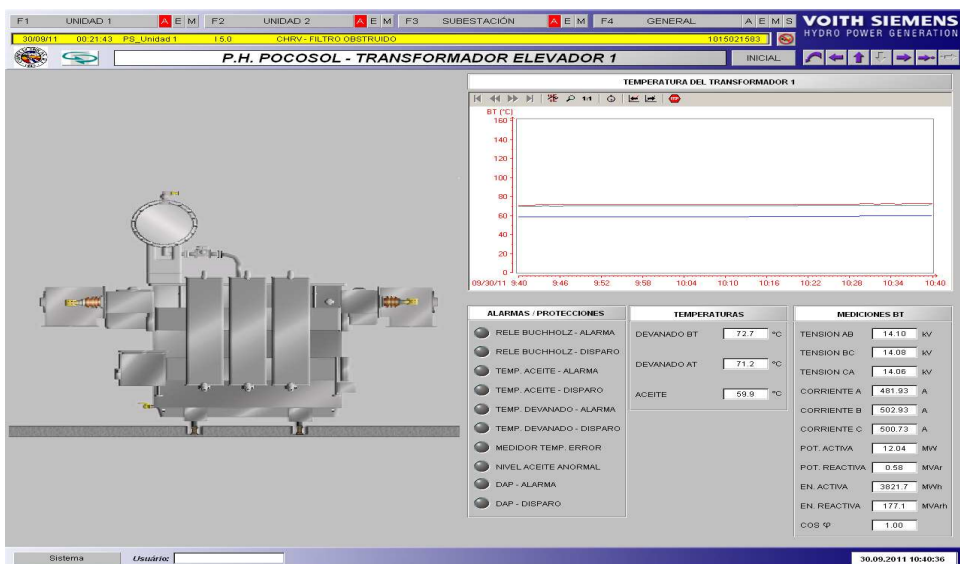


Figura 28. Pantalla de Transformador elevador de voltaje.

Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.

Por último se presenta en la Figura 29 la pantalla que muestra donde deben ser definidas las líneas de comunicación y las variables tanto analógicas como discretas necesarias para el sistema SCADA Local como Remoto.

The screenshot shows the WinCC Explorer interface. On the left is a project tree with the following structure:

- Pocosol
  - Computer
  - Tag Management
  - Internal tags
    - SIMATIC 57 PROTOCOL SUITE
      - Industrial Ethernet
      - Industrial Ethernet (II)
      - MPI
      - Named Connections
      - PROFIBUS
      - PROFIBUS (II)
      - Slot PLC
      - Soft PLC
      - TCP/IP
        - PS\_Unidad\_1
          - P1\_Bit
          - P1\_Byte
          - P1\_Word
          - P1\_DWord
          - P1\_Real
          - P1\_Mando\_Bit
          - P1\_Mando\_Real
          - P1\_Prot
          - PS\_Disjuntor
          - PS\_Unidad\_2
          - PS\_Subestacion
          - AG\_Unidad\_Subestacion

On the right, a table lists the variables defined in the project:

Name	Type	Parameters	Last Change
P1_D8200_D80900	Signed 32-bit value	08200,00900	12/7/2007 19:28:16
P1_D8200_D80904	Signed 32-bit value	08200,00904	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80908	Signed 32-bit value	08200,00908	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80912	Signed 32-bit value	08200,00912	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80916	Signed 32-bit value	08200,00916	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80920	Signed 32-bit value	08200,00920	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80924	Signed 32-bit value	08200,00924	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80928	Signed 32-bit value	08200,00928	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80932	Signed 32-bit value	08200,00932	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80936	Signed 32-bit value	08200,00936	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80940	Signed 32-bit value	08200,00940	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80944	Signed 32-bit value	08200,00944	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80948	Signed 32-bit value	08200,00948	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80952	Signed 32-bit value	08200,00952	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80956	Signed 32-bit value	08200,00956	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80960	Signed 32-bit value	08200,00960	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80964	Signed 32-bit value	08200,00964	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80968	Signed 32-bit value	08200,00968	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80972	Signed 32-bit value	08200,00972	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80976	Signed 32-bit value	08200,00976	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80980	Signed 32-bit value	08200,00980	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80984	Signed 32-bit value	08200,00984	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80988	Signed 32-bit value	08200,00988	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80992	Signed 32-bit value	08200,00992	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D80996	Signed 32-bit value	08200,00996	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81000	Signed 32-bit value	08200,001000	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81004	Signed 32-bit value	08200,001004	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81008	Signed 32-bit value	08200,001008	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81012	Signed 32-bit value	08200,001012	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81016	Signed 32-bit value	08200,001016	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81020	Signed 32-bit value	08200,001020	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81024	Signed 32-bit value	08200,001024	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81028	Signed 32-bit value	08200,001028	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81032	Signed 32-bit value	08200,001032	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81036	Signed 32-bit value	08200,001036	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81040	Signed 32-bit value	08200,001040	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81044	Signed 32-bit value	08200,001044	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81048	Signed 32-bit value	08200,001048	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81052	Signed 32-bit value	08200,001052	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81056	Signed 32-bit value	08200,001056	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81060	Signed 32-bit value	08200,001060	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81064	Signed 32-bit value	08200,001064	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81068	Signed 32-bit value	08200,001068	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81072	Signed 32-bit value	08200,001072	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81076	Signed 32-bit value	08200,001076	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81080	Signed 32-bit value	08200,001080	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81084	Signed 32-bit value	08200,001084	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81088	Signed 32-bit value	08200,001088	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81092	Signed 32-bit value	08200,001092	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81096	Signed 32-bit value	08200,001096	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81100	Signed 32-bit value	08200,001100	12/7/2007 19:38:07
P1_D8200_D81104	Signed 32-bit value	08200,001104	12/7/2007 19:38:07

The status bar at the bottom indicates: Pocosol\Tag Management\SIMATIC 57 PROTOCOL SUITE\TCP\IP\PS\_Unidad\_1\P1\_DWord | External Tags: 7924 / License: 8192

**Figura 29. Pantalla para la definición de variables.**

**Fuente: SCADA de la Planta Sigifredo Solís Solís.**

## 5. CONCLUSIONES

El definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de división de trabajo no solo ayudó a conocer el trabajo requerido a realizar, sino también el trabajo no requerido por el cliente. Además permitió delimitar el campo de acción del equipo durante todas las etapas del proyecto así como lo que se debe entregar en cada una de ellas. Toda esta definición oportuna del alcance propició el identificar y gestionar la capacitación de dos personas a los laboratorios de Voith Hydro, ubicados en Brasil, para las respectivas pruebas de las pantallas del sistema SCADA Central, que se llevarán a cabo en febrero 2012.

La definición de las actividades con sus estimaciones de tiempo y los productos entregables, permitió identificar claramente cada uno de los trabajos a realizar, así también, comunicar oportunamente los avances del proyecto, hasta el punto de lograr a la fecha, que las obras de construcción presenten un adelanto aproximado de 3 meses con base a la fecha estimada de finalización. El Centro de Control ya conoce estos cambios en el cronograma de trabajo y en función de aprovecharlos se han tomado las previsiones del caso para su participación inmediata.

El haber desarrollado un plan de Recursos Humanos para identificar las responsabilidades y delimitar el rol de cada recurso involucrado en el proyecto, permitió visualizar oportunamente que las lecturas de las variables correspondientes a la Toma del Río y las variables del Embalse se estaban dejando por fuera. Los contratistas de Voith Hydro delimitaron su alcance hasta el montaje y automatización de solamente los equipos que se encuentren dentro de la casa de máquinas. Una vez analizado este caso en particular, se adjudicaron estas actividades no contempladas a otro proveedor, no obstante se logró coordinar con el personal de Voith Hydro para que las variables fueran tomadas en cuenta en la arquitectura del sistema Central de forma que puedan visualizarse en el Sistema SCADA de casa de máquinas y por ende en el Sistema SCADA Remoto.

El haber desarrollado una estrategia de comunicación que garantice el flujo adecuado de la información ha sido muy importante para el proyecto, debido a que las actividades que se requieren desarrollar no son comunes ni aparecen definidas dentro de las funciones del personal de COOPELESCA. Además en estas labores interactúan de forma conjunta diferentes departamentos de la empresa, gran cantidad de proveedores y contratistas externos, de ahí la importancia de comunicar de manera oportuna, por el medio adecuado y veraz, ya que un atraso en alguna actividad puede repercutir seriamente en la parte económica. Dentro de la estrategia a utilizar para la comunicación de los involucrados en el proyecto se rescatan el uso de una matriz de comunicaciones y la elaboración de plantillas con una estructura formal que propicie la adecuada retroalimentación.

El haber desarrollado el diseño de las pantallas de HMI para el Sistema de Control Remoto Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí, ha propiciado un uso estandarizado en las aplicaciones de control automático, permitiendo un mejor desempeño en los sistemas de generación a nivel del manejo de la información e integración a la plataforma Survalent ya instalada. Esta definición previa de las pantallas hace amigable el proceso de monitoreo y control para el operador del Centro de Control, ya que se estarán implementando una misma interfaz tanto a nivel local como remoto, eliminando las diferencias entre los dos sistemas con respecto a su visualización y operación. Además se logró identificar y solicitar con anticipación algunas modificaciones al Sistema Central, tales como lo fueron la inclusión de las variables de la toma y el embalse.

Con la realización de este proyecto se logró cumplir el objetivo de elaborar un plan de gestión de proyecto que contemplara la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada del Sistema Remoto encargado de la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.



## **6. RECOMENDACIONES**

Debido a la experiencia que se tuvo durante el desarrollo del proyecto, se recomienda que en trabajos futuros de este tipo, se dedique tiempo al proceso de iniciación, porque se logró que los involucrados conocieran el alcance y a su vez mostraran un compromiso para con el proyecto. Además gracias a la definición de los alcances se eliminaron las incertidumbres con respecto a las responsabilidades de los grupos de trabajo que existían debido a la interacción de varios grupos de trabajo tales como: otros departamentos de COOPELESCA, proveedores y contratistas externos.

Para COOPELESCA un mes de atraso en operación comercial del Proyecto de Cubujuquí ocasionaría grandes pérdidas económicas en los costos de construcción como en la no producción. Solamente por la no producción se estima que podría repercutir en aproximadamente 400 millones de colones. Con base a lo anterior se recomienda una distribución y actualización continua del cronograma con los hitos, fechas y rutas crítica entre los miembros del equipo de proyecto, con el fin, de que nunca exista desconocimiento de los compromisos de entrega adquiridos, ya que la finalización del proyecto en el tiempo estimado es una de las principales preocupaciones de la Cooperativa para el éxito del proyecto.

Con la venta de servicio del montaje y mantenimiento del equipo Electromecánico, COOPELESCA incursiona en un nuevo negocio con un grupo de profesionales como un gran reto para cualquier empresa. Siguiendo los pasos del equipo de trabajo de Mantenimiento y aprovechando la gran experiencia que ya se tiene en la parte de automatización de Sistemas SCADA, se recomienda continuar con la especialización del grupo de trabajo del Centro de Control, para que en un futuro, se puedan también comercializar.

Se recomienda estandarizar la gestión de la comunicación en todos los proyectos dentro de COOPELESCA, la cual, ayuda a definir la matriz de comunicación

donde se establecen los diferentes mecanismos para el tráfico de la información, la plantilla para realizar ordenes de cambio y su plan de acción respectivo.

Se recomienda que la planificación del sistema de control central y remoto no solo debe ser planeado para la puesta de operación, sino que debe ir pensado más allá, en donde se tome la previsión de un crecimiento de variables, pantallas, así como la adquisición de licencias de edición, programas fuentes y los respectivos software de parametrización o configuración de todos los equipos, con el objetivo de facilitar el mantenimiento a futuro; puesto que la temprana gestión de estos elementos de funcionalidad, diseño y fabricación se traducirán en ahorros en la etapa de operación comercial.

Para los futuros proyectos se recomienda que se complemente el estudio con las áreas del conocimiento que no fueron desarrolladas en este trabajo, para que se asegure la aplicación de un proceso de administración exitoso y mantener un sistema de mejora continua. En fin, este documento puede ser insumo para la planificación de nuevos proyectos, de manera que no sea necesario comenzar de cero.

## 7. BIBLIOGRAFIA

CALZADA RAMÍREZ, A. (2006). **Tesis: Guía para el control del alcance, tiempo y costo en la construcción de edificaciones**. San José, Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional.

CHAMOUN, Y. (2002). **Administración Profesional de Proyectos**. En Y. CHAMOUN, Una Guía Práctica para Programar el Éxito de sus Proyectos (pág. 268). México: McGraw Hill Interamericana.

CUBILLO RODRÍGUEZ, J. (2009). **Tesis: Plan de Proyecto de la construcción del condominio Tachi**. San José, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

HERNANDEZ, R. (2010). **Metodología de la investigación**. En R. HERNANDEZ, F. C., & P. BAPTISTA. Mexico: Mc Graw Hill.

HERNÁNDEZ, S. (1991). **Metodología de la Investigación**. México: McGraw Hill Interamericana.

Osegueda Gómez, E. (2011). **Planificación Anual Operativa del Centro de Control para el 2012**. Alajuela, Costa Rica: SPEE (Subgerencia de Producción de Energía Eléctrica).

PMBOK. (2008). **Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos**. En Institute Project Management (pág. 392). E.U.A: Newtown Square Pennsylvania.

Silva, G. (2009). **Material del curso Herramientas para la Administración de Proyectos I**. San Jose, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

UCI. (Julio 2010). **Normativa APA**. En U. p. Internacional.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Charter del Proyecto

<b>ACTA DEL PROYECTO</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Nombre de Proyecto</b>
22-07-2011	Plan de proyecto para la implementación de un Sistema Remoto que ejecute la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí
<b>Areas de conocimiento / procesos:</b>	<b>Area de aplicación (Sector / Actividad):</b>
Alcance - Tiempo – Recurso Humano - Comunicaciones	Producción de Energía Eléctrica
<b>Fecha de inicio del proyecto</b>	<b>Fecha tentativa de finalización del proyecto</b>
20 de Agosto del 2011	20 de Noviembre del 2011
<b>Objetivos del proyecto (general y específicos)</b>	
<p><b>General:</b> Elaborar un plan de proyecto que contenga la información y acciones necesarias para la implementación planificada y ordenada de un Sistema Remoto que se encargue de la Adquisición de Datos y el Control Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir el alcance del proyecto, los principales entregables y la estructura de desglose del trabajo para tener una clara visión de las labores a realizar y ejecutar el proyecto de forma exitosa.</li> <li>2. Definir las actividades con sus estimaciones de tiempo que precisen los productos entregables para que guíen el accionar en el Proyecto de Desarrollo del SCADA Remoto Cubujuquí.</li> <li>3. Desarrollar un plan de Recursos Humanos para identificar responsabilidades y delimitar el rol de cada recurso involucrado en el proyecto.</li> <li>4. Desarrollar una estrategia de comunicación que garantice el flujo adecuado y pertinente de la información para evaluar las oportunidades y deficiencias en un tiempo oportuno, definiendo las necesidades de información para cada recurso del proyecto.</li> <li>5. Elaborar el diseño de las pantallas de HMI para el Sistema de Control Remoto Supervisorio de la Central Hidroeléctrica de Cubujuquí integrado a la plataforma del Centro de Control de COOPELESCA.</li> </ol>	

### **Justificación o propósito del proyecto (Aporte y resultados esperados)**

La Cooperativa de Electrificación Rural San Carlos actualmente está construyendo el proyecto de Generación Hidroeléctrica de Cubujuquí y se espera entrar en operación para el mes de Octubre del año 2012.

La generación de esta Central Hidroeléctrica es un proceso de producción crítico, ya que al existir una falla en la red eléctrica requiere un tiempo de respuesta eficiente en su detección y actuación. Además si no se tiene el mando adecuado se pueden sobrepasar los límites establecidos en las frecuencias y velocidades de los grupos de generación que podrían causar daños acumulables y hasta irreparables. Un tiempo lento de respuesta también puede generar un retraso en el ingreso de las unidades de generación al sistema nacional interconectado, esa operación puede crear repercusiones en las máximas demanda de la Cooperativa, con lo que se obtendrían penalizaciones por parte del ente regulador del mercado.

En este proyecto se quiere elaborar una adecuada planificación que contemple la información necesaria para la implementación de un sistema de Control y Supervisión que permita mayor rapidez en la visualización de alarmas, en el conocimiento de las variables del proceso y en la modificación de los puntos de consigna en tiempo real.

### **Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto**

El Centro de Control de COOPELESCA, tiene la responsabilidad de organizar, monitorear y vigilar la generación en procesos tales como: la disponibilidad, el caudal necesario y el nivel de agua adecuado del embalse para gestionar a través de Subestaciones y líneas de transmisión el transporte de la energía generada hasta la red de distribución de COOPELESCA.

Con base a lo anterior, surge la necesidad de un sistema que permita la visualización remota, es decir que toda la información relevante sea canalizada hasta el Centro de Control de COOPELESCA, todo esto para aportar al desarrollo empresarial y manipulación adecuada de la información y sobre todo para cumplir con la Regulación del Sistema Nacional Interconectado por parte del ICE.

En este proyecto se estará realizando la planificación de una forma tal que todo el proceso de producción de energía se logre automatizar, el sistema de control y supervisión local de dicho proceso estará a cargo de la empresa SIEMENS desarrollado por Voith Hydro bajo la herramienta WinCC, pero el sistema de control y supervisión remota estará a cargo del Centro de Control de COOPELESCA desarrollado bajo la herramienta de Survalent aplicando las buenas prácticas en Administración de Proyectos.

<p>Con la realización de este proyecto se obtendrán los siguientes entregables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un plan de gestión del proyecto.</li> <li>• Identificación de los requisitos.</li> <li>• Definición del alcance.</li> <li>• Una estructura de desglose del trabajo.</li> <li>• Definición de las actividades.</li> <li>• Secuenciar las actividades.</li> <li>• Estimar los recursos de las actividades</li> <li>• Estimar la duración de las actividades</li> <li>• Desarrollar el Cronograma</li> <li>• Desarrollar el plan de RRHH</li> <li>• Planificar las comunicaciones</li> </ul>
<p><b>Supuestos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de información de los involucrados del proyecto.</li> <li>• La frecuencia de los periodos de presentación de informes.</li> <li>• Actualmente el cronograma del proyecto se encuentra adelantado.</li> </ul>
<p><b>Restricciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación con algunos proveedores mediante correo electrónico.</li> <li>• Los términos y requisitos de los contratos.</li> </ul>
<p><b>Información histórica relevante</b></p> <p>La Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos dentro de su plan estratégico hasta el año 2015 se compromete a desarrollar toda la capacidad posible en generación, incluso la visión de la empresa se proyecta como líder en energía para el desarrollo integral.</p> <p>La crisis energética que vive el país con el crecimiento de la demanda, el respaldo legal y compromiso cooperativo fomentan el desarrollo de proyectos que permitan la generación de energía eléctrica, en especial si se realiza mediante el uso de fuentes sostenibles con el medio ambiente, a este impulso al desarrollo de nuevos proyectos se le suma que COOPELESCA, cuenta con experiencia y es responsable de satisfacer con energía a su área de concesión contando con una tarifa competitiva.</p> <p>Por otra parte COOPELESCA debe preocuparse por conseguir los recursos económicos y las concesiones. También asegurarse el desarrollo del proyecto mediante la adquisición de tierras, el respeto de la legislación vigente y las buenas relaciones con las comunidades vecinas y otros actores.</p>

Con la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Cubujuquí COOPELESCA da un paso más para el desarrollo de su visión, ayudar al país a solventar la crisis energética y minimizar la generación de electricidad con plantas térmicas a base de hidrocarburos.

La generación actual de COOPELESCA es de un 45.12% con respecto a su demanda total de energía, pero con la entrada en operación de este proyecto para diciembre de 2012 se proyecta lograr un 89,36% de la demanda.

#### **Identificación de grupos de interés (Stakeholders)**

##### **Cliente(s) directo(s):**

Subgerencia de Producción de Energía de COOPELESCA

##### **Cliente(s) indirecto(s):**

Instituto Costarricense de Electricidad

##### **Realizado por:**

Eithel Osegueda Gómez  
Coordinador del Centro de Control

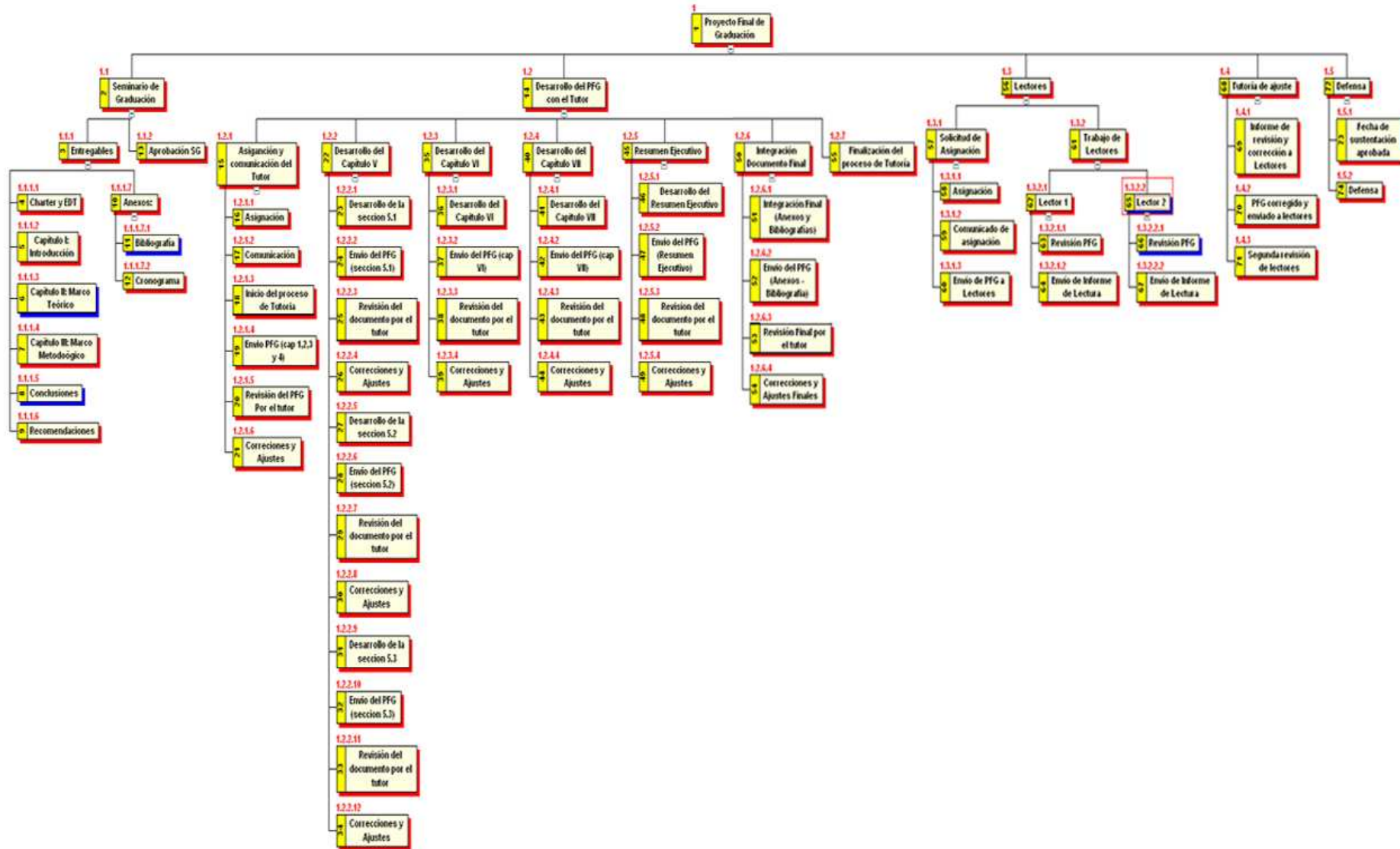
##### **Firma:**

##### **Aprobado por:**

Manuel Alvarez C.  
Seminario de Graduación

##### **Firma:**

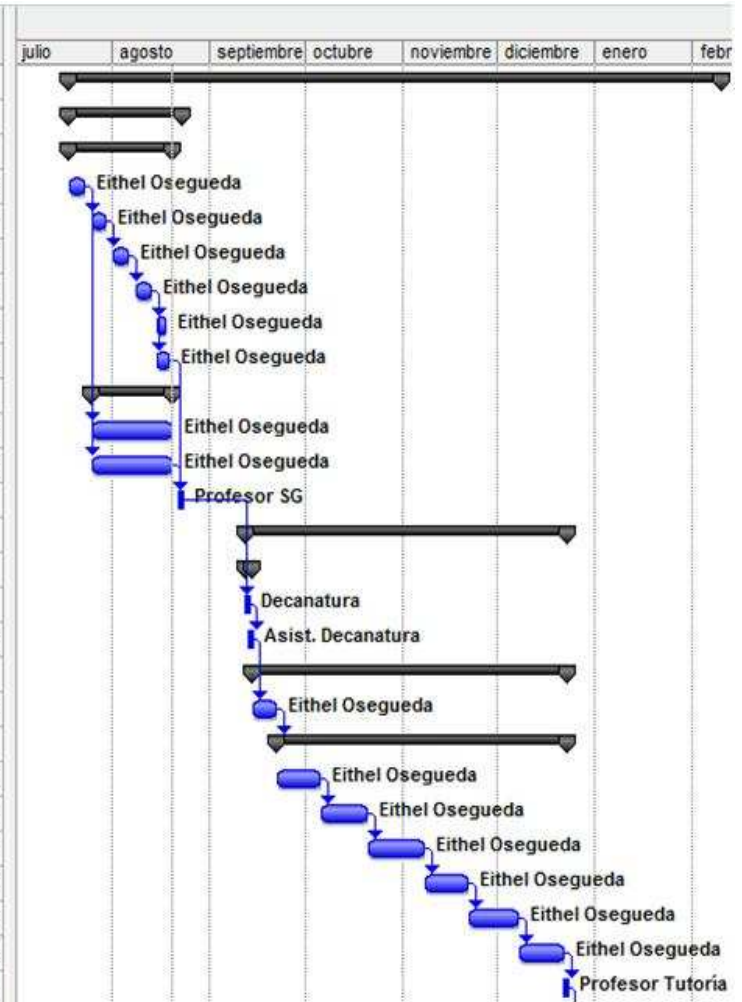
Anexo 2. Estructura De Desglose del Trabajo para el Proyecto Final de Graduación.





**Anexo 3. Cronograma del Proyecto Final de Graduación.**

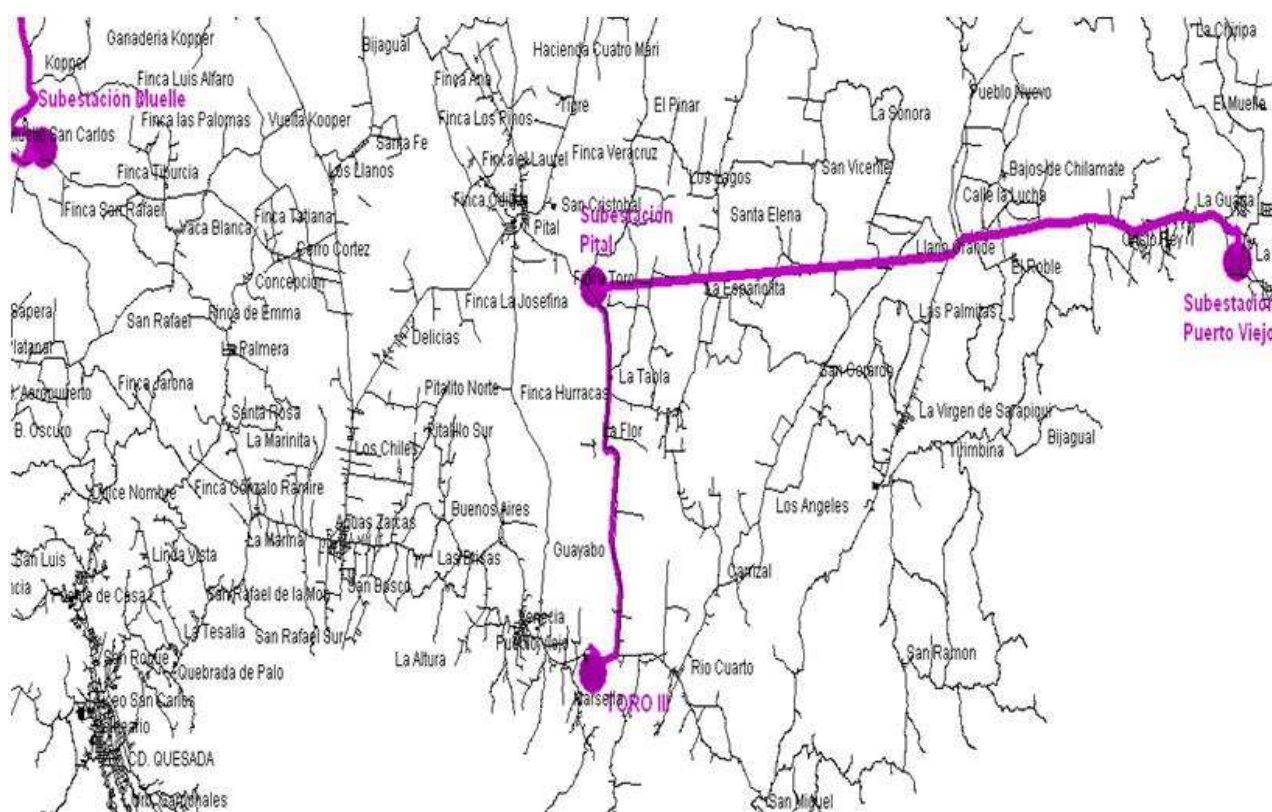
	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pred	Nombres de los recursos
1	- Proyecto Final de Graduación	145 días	lun 18/07/11	jue 09/02/12		
2	- Seminario de Graduación	23 días	lun 18/07/11	lun 22/08/11		
3	- Entregables	22 días	lun 18/07/11	vie 19/08/11		
4	Charter y EDT	5 días	lun 18/07/11	vie 22/07/11		Eithel Osegueda
5	Capítulo I: Introducción	5 días	lun 25/07/11	vie 29/07/11	4	Eithel Osegueda
6	Capítulo II: Marco Teórico	5 días	lun 01/08/11	vie 05/08/11	5	Eithel Osegueda
7	Capítulo III: Marco Metodológico	5 días	lun 08/08/11	vie 12/08/11	6	Eithel Osegueda
8	Conclusiones	3 días	lun 15/08/11	mié 17/08/11	7	Eithel Osegueda
9	Recomendaciones	4 días	lun 15/08/11	jue 18/08/11	7	Eithel Osegueda
10	- Anexos:	17 días	lun 25/07/11	vie 19/08/11		
11	Bibliografía	20 días	lun 25/07/11	vie 19/08/11	4	Eithel Osegueda
12	Cronograma	20 días	lun 25/07/11	vie 19/08/11	4	Eithel Osegueda
13	Aprobación SG	1 día	lun 22/08/11	lun 22/08/11	9,12	Profesor SG
14	- Tutoría de desarrollo	73 días	lun 12/09/11	jue 22/12/11		
15	- Tutor	2 días	lun 12/09/11	mar 13/09/11		
16	Asignación	1 día	lun 12/09/11	lun 12/09/11	13	Decanatura
17	Comunicación	1 día	mar 13/09/11	mar 13/09/11	16	Asist. Decanatura
18	- IV Capítulo: Desarrollo	71 días	mié 14/09/11	jue 22/12/11		
19	Ajustes a Trabajo del PFG c	6 días	mié 14/09/11	mié 21/09/11	17	Eithel Osegueda
20	- Avances de Estudiantes	66 días	jue 22/09/11	jue 22/12/11	19	
21	Informe 1	10 días	jue 22/09/11	mié 05/10/11		Eithel Osegueda
22	Informe 2	11 días	jue 06/10/11	jue 20/10/11	21	Eithel Osegueda
23	Informe 3	12 días	vie 21/10/11	lun 07/11/11	22	Eithel Osegueda
24	Informe 4	10 días	mar 08/11/11	lun 21/11/11	23	Eithel Osegueda
25	Informe 5	12 días	mar 22/11/11	mié 07/12/11	24	Eithel Osegueda
26	Informe 6	10 días	jue 08/12/11	mié 21/12/11	25	Eithel Osegueda
27	Aprobación Final del PF	1 día	jue 22/12/11	jue 22/12/11	26	Profesor Tutoría

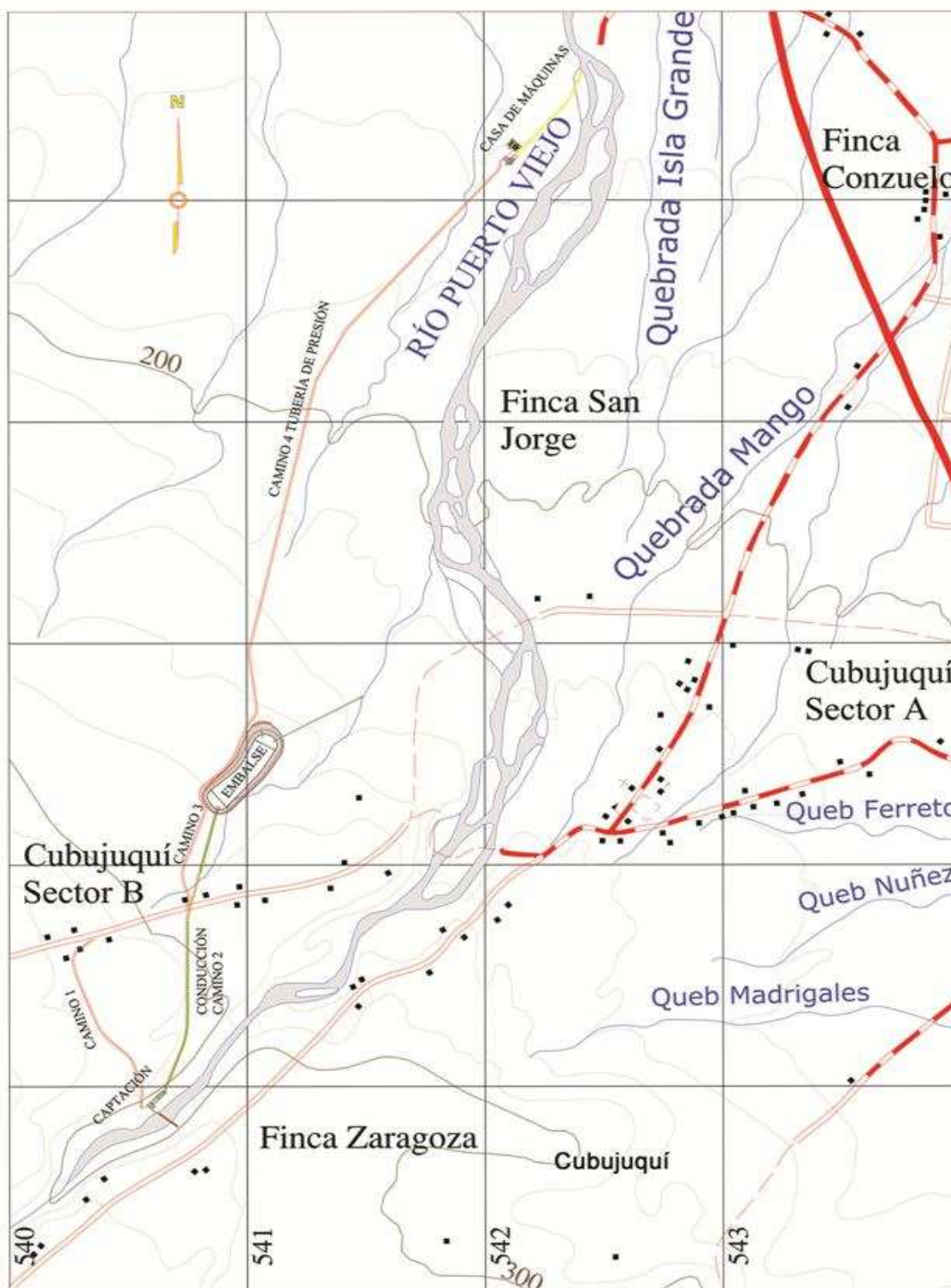




### Anexo 4. Línea de Transmisión de Cubujuquí.

Se muestra el recorrido de la línea propuesta a construir antes de la entrada en operación de la planta Cubujuquí:



**Anexo 5. Diseño en sitio de Cubujuquí.**

**Anexo 6. Imágenes de la Etapa de Movimientos de Tierra y Construcción de Obra Civil de Cubujuquí.**



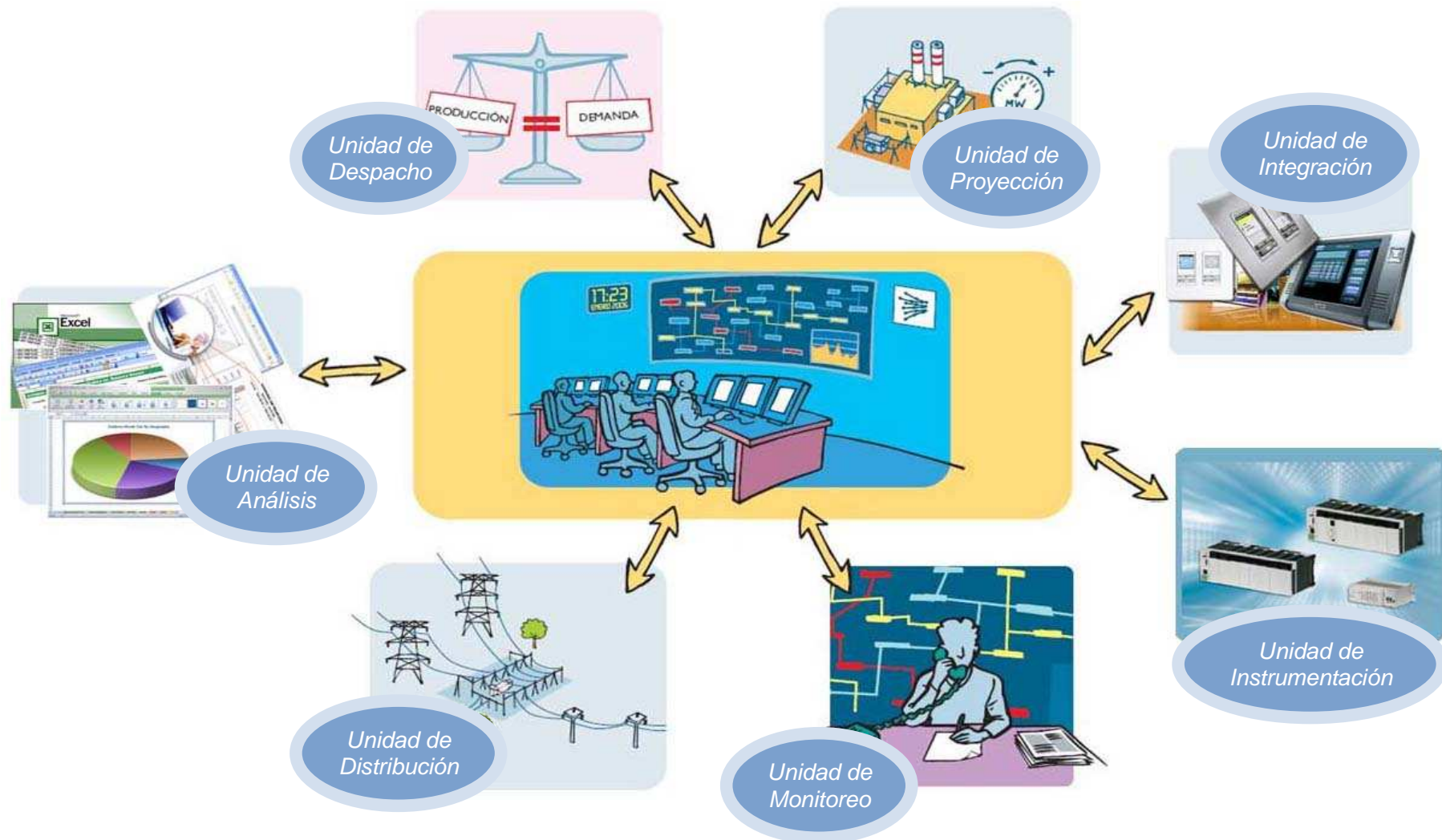
*Movimiento de tierras casa de máquinas*

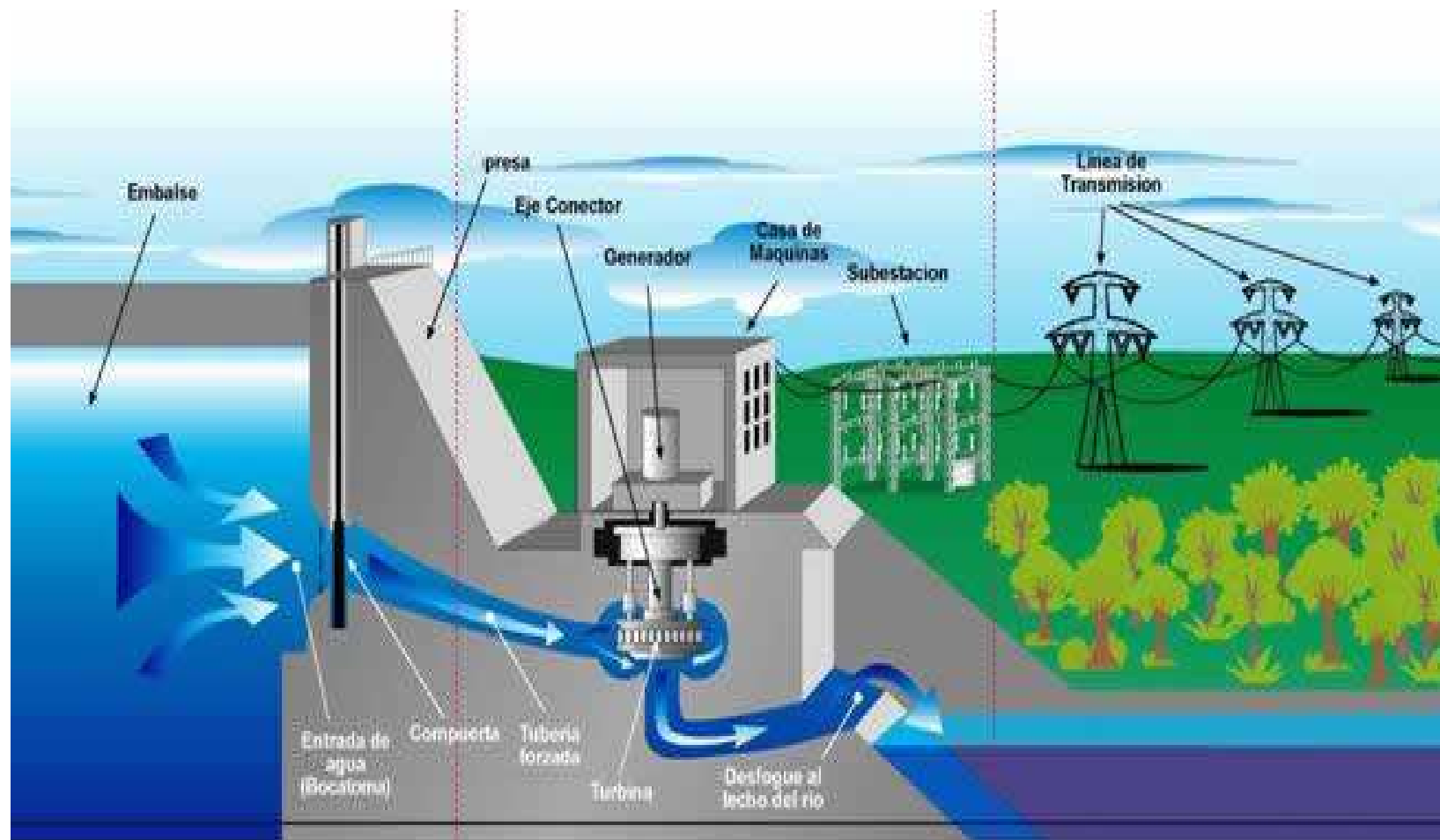


*Tubería de presión*



*Trabajos presa y toma de agua*

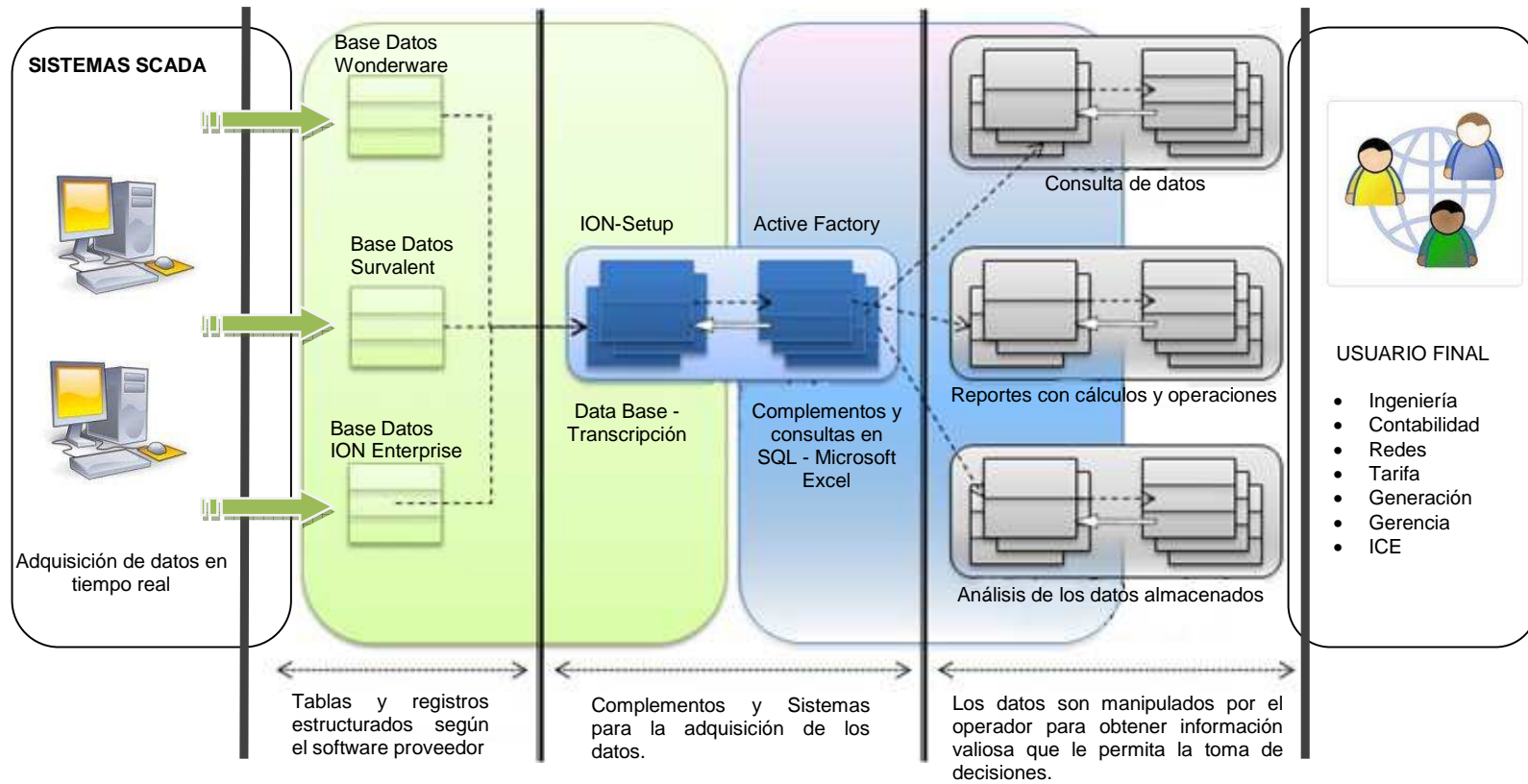
**Anexo 7. Áreas del Departamento del Centro de Control.**

**Anexo 8. Esquema de una Central Hidroeléctrica.**

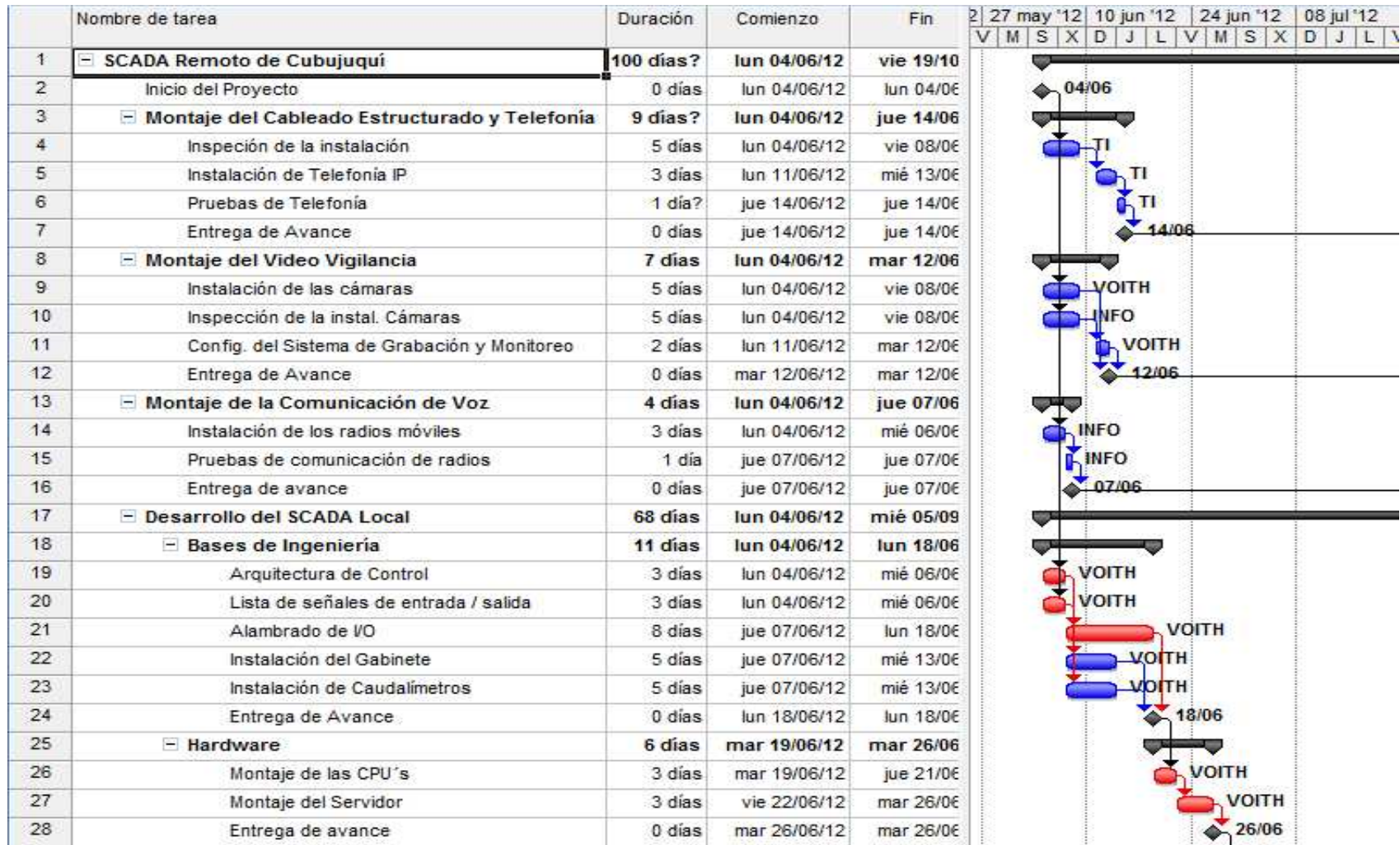
**Anexo 9. Fases que intervienen en el proceso de Integración de Sistemas**

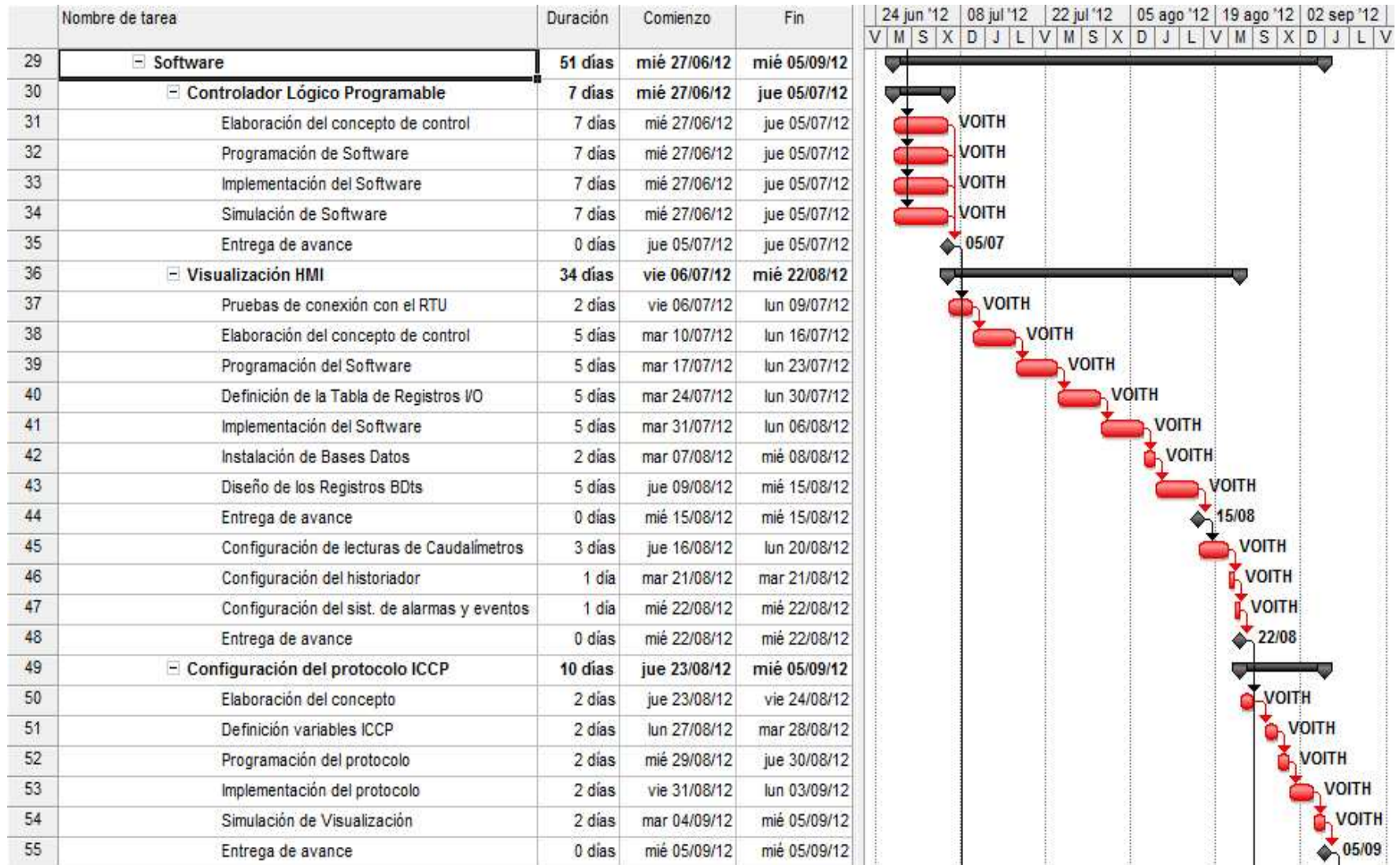


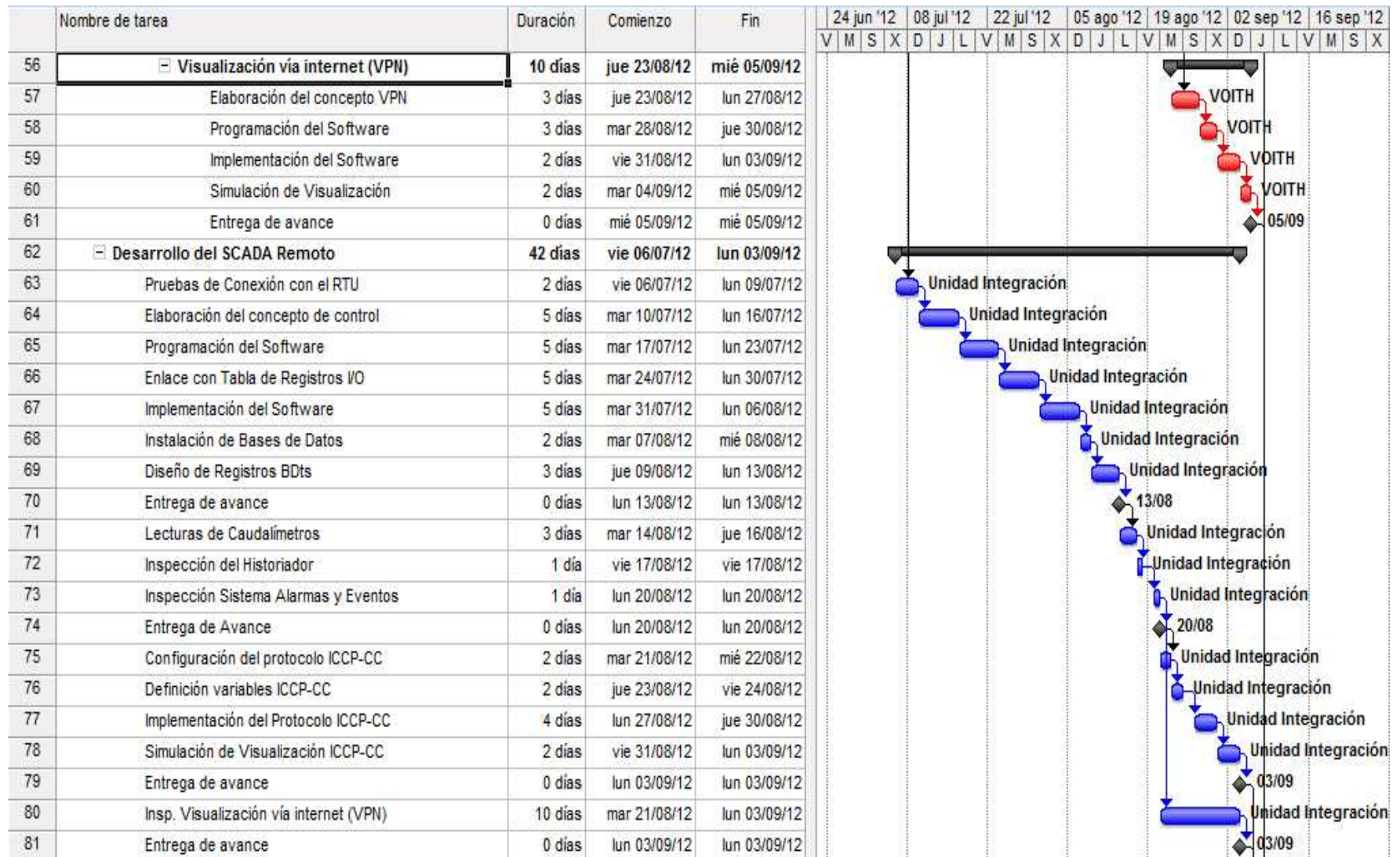
**Anexo 10. Gestión de la Información de los Sistemas SCADA en COOPELESCA.**



Anexo 11. Cronograma del Proyecto.







	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	02 sep '12	16 sep '12	30 sep '12	14 oct '12	28 oct '12	11 nov '12					
					D	J	L	V	M	S	X	D	J	L	V
82	<b>Pruebas Locales y Remotas</b>	<b>11 días</b>	<b>jue 06/09/12</b>	<b>jue 20/09/12</b>											
83	Revisión y pruebas de Hardware	1 día	jue 06/09/12	jue 06/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
84	Aceptación del Hardware	0 días	jue 06/09/12	jue 06/09/12	06/09										
85	Revisión y pruebas de pantallas del sist. Control	1 día	vie 07/09/12	vie 07/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
86	Revisión y pruebas de pantallas del sist. Control Remot	1 día	lun 10/09/12	lun 10/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
87	Aceptación de las pruebas de pantallas	0 días	lun 10/09/12	lun 10/09/12	10/09										
88	Pruebas funcionales del sist. Control	1 día	mar 11/09/12	mar 11/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
89	Pruebas funcionales del sist. Control remoto	1 día	mié 12/09/12	mié 12/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
90	Aceptación de las pruebas funcionales	0 días	mié 12/09/12	mié 12/09/12	12/09										
91	Pruebas funcionales de la Bdts	1 día	jue 13/09/12	jue 13/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
92	Aceptación de la Bdts	0 días	jue 13/09/12	jue 13/09/12	13/09										
93	Revisión y pruebas del historiadore	1 día	vie 14/09/12	vie 14/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
94	Aceptación del historiadore	0 días	vie 14/09/12	vie 14/09/12	14/09										
95	Revisión y Pruebas de Caudalímetros	1 día	lun 17/09/12	lun 17/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
96	Aceptación de lecturas de Caudalimetros	0 días	lun 17/09/12	lun 17/09/12	17/09										
97	Revisión y Pruebas del Sistema de Eventos	1 día	mar 18/09/12	mar 18/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
98	Aceptación del sistema de Eventos	0 días	mar 18/09/12	mar 18/09/12	18/09										
99	Revisión y Pruebas de datos por ICCP	1 día	mié 19/09/12	mié 19/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
100	Aceptación del protocolo ICCP	0 días	mié 19/09/12	mié 19/09/12	19/09										
101	Revisión y Pruebas del enlace VPN	1 día	jue 20/09/12	jue 20/09/12	VOITH;Unidad Integración;Centro Control										
102	Aceptación del enlace VPN	0 días	jue 20/09/12	jue 20/09/12	20/09										
103	Aceptación del sistema HMI Local	0 días	jue 20/09/12	jue 20/09/12	20/09										
104	Aceptación del Sistema SCADA Remoto	0 días	jue 20/09/12	jue 20/09/12	20/09										
105	Entrega de avance	0 días	jue 20/09/12	jue 20/09/12	20/09										

