



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE  
UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA USO EN  
CALDERAS DE ALTA PRESIÓN, EN GENERACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA**

**Selvin Estuardo Hernández Padilla**

Asesorado por el Ing. Ludin Giovanni Recinos Recinos

Guatemala, abril de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE  
UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA USO EN  
CALDERAS DE ALTA PRESIÓN, EN GENERACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**SELVIN ESTUARDO HERNANDEZ PADILLA**  
ASESORADO POR EL ING. LUDIN GIOVANNI RECINOS RECINOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz De León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

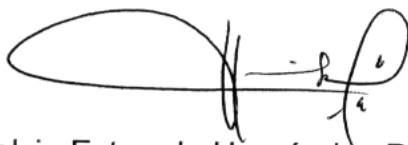
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Ludin Giovanni Recinos Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA USO EN CALDERAS DE ALTA PRESIÓN, EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 02 de junio de 2009.



Selvin Estuardo Hernández Padilla

Guatemala, 05 de enero del 2010

Ingeniera  
Norma Ileana Sarmiento  
Directora Unidad EPS  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

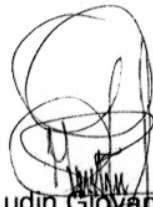
Estimada ingeniera:

A través de la presente hago constar que he revisado el informe final del estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica **Selvin Estuardo Hernández Padilla**, con carné **1988-12344**, titulado "ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA USO EN CALDERAS DE ALTA PRESION, EN GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA".

Habiendo hecho las modificaciones correspondientes y revisado nuevamente por mi persona, no tengo inconveniente de que sea trasladado junto a su ficha de seguimiento como Trabajo de Graduación.

Sin otro particular, quedo a su entera disposición.

Atentamente,



Ing. Ludin Giovanni Recinos Recinos  
Colegiado No. 4589  
Asesor de EPS



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 12 de marzo de 2010.  
Ref.EPS.DOC.507.03.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

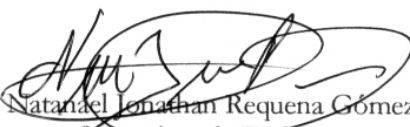
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Selvin Estuardo Hernández Padilla** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, con carné No. **8812344**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA USO EN CALDERAS DE ALTA PRESIÓN EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Electrónica

c.c. Archivo  
KIER/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 12 de marzo de 2010.  
Ref.EPS.D.224.03.10.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA USO EN CALDERAS DE ALTA PRESIÓN EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Selvin Estuardo Hernández Padilla**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Ludin Giovanni Recinos Recinos y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

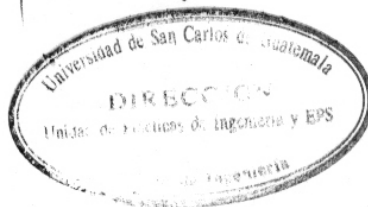
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Ref. EIME 19.2010  
Guatemala, 10 de MARZO 2010.

Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL  
DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA USO EN  
CALDERAS DE ALTA PRESIÓN EN GENERACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA”, del estudiante, Selvin Estuardo Hernández Padilla,  
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Guillermo Bedoya Barrios  
Coordinador del Área de Potencia



JGBB/sro



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

REF. EIME 23. 2010.

**El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Selvin Estuardo Hernández Padilla titulado: “ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA USO EN CALDERAS DE ALTA PRESIÓN EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”, procede a la autorización del mismo.**

  
**Ing. Guillermo Antonio Puente Romero**



**GUATEMALA, 9 DE ABRIL 2,010.**

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 111.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PARA USO EN CALDERAS DE ALTA PRESIÓN, EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**, presentado por el estudiante universitario **Selvin Estuardo Hernández Padilla**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, abril de 2010



/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por ser mi amparo y fortaleza y darme luz en mis tinieblas.

### **MIS HIJOS**

Razón de mi esfuerzo y motivo de mis logros.

### **MI MADRE**

Por sus oraciones y acompañarme en todo momento.

### **MI FAMILIA**

Por su apoyo incondicional y sus sabios consejos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE	
ILUSTRACIONES.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII

### 1. ANTECEDENTES DE DUKE ENERGY

#### INTERNATIONAL GUATEMALA

1.1	Historia de la empresa.....	1
1.2	Actividades de la empresa.....	2
1.3	Estructura organizacional.....	2
1.4	Ubicación.....	3
1.5	Mercado objetivo.....	3

### 2. SISTEMA DE CONTROL PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

2.1	Evaluación de la planta de tratamiento de agua.....	5
2.1.1	Descripción del proceso.....	8
2.1.1.1	Tanques.....	13
2.1.1.2	Tuberías.....	13
2.1.1.3	Filtros.....	13
2.2	Variables de proceso e instrumentos asociados.....	14
2.2.1	Presión.....	14
2.2.2	Nivel.....	15
2.2.3	Flujo.....	15
2.2.4	Temperatura.....	16
2.2.5	Conductividad.....	16

2.2.6	PH.....	17
2.3	Diagramas de tuberías e instrumentos.....	17
2.3.1	Diagramas de tubería e instrumentos iniciales...	19
2.3.2	Diagramas de tubería e instrumentos finales.....	20
2.4	Equipos de campo del sistema de control.....	20
2.4.1	Instrumentos de campo.....	21
2.4.2	Válvulas de control .....	21
2.4.3	Interruptores de flujo.....	23
2.4.4	Interruptores de presión.....	23
2.4.5	Indicadores.....	23
2.4.6	Cableado y entubado.....	23
2.5	Controlador.....	24
2.5.1	Hardware.....	30
2.5.2	Software.....	33
2.5.3	Lazos de control abiertos.....	35
2.5.4	Lazos de control cerrados.....	37
2.5.5	Protocolos de comunicación.....	41

### **3. PLAN DE CONTINGENCIA**

3.1	Aspectos legales.....	45
3.2	Antecedentes.....	45
3.3	Plan de contingencia ante sismos, incendios y accidente.	46
3.3.1	Objetivo.....	46
3.3.2	Alcance del plan.....	46
3.3.3	Abreviaturas.....	47
3.3.4	Procedimientos generales durante emergencia..	47
3.3.5	Planes de emergencia.....	54
3.3.5.1	Emergencia de Incendio.....	54
3.3.5.2	Emergencia de derrame.....	64
3.3.5.3	Clima severo.....	74
3.3.5.4	Terremoto.....	85

	3.3.5.5	Amenaza contra la seguridad física de las instalaciones.....	96
	3.3.6	Revisiones y actualizaciones.....	107
	3.3.7	Ubicación de copias.....	107
	3.3.8	Simulacros.....	108
<b>4.</b>	<b>CAPACITACIONES</b>		
	4.1	Métodos de capacitación.....	109
	4.1.1	Objetivos de los métodos.....	109
	4.1.2	Método de presentaciones audiovisuales.....	110
	4.1.3	Método magistral.....	110
	4.1.4	Método autodidáctico.....	111
	4.1.5	Método interactivo de enseñanza.....	111
	4.1.6	Generalidades.....	112
	4.2	Periodos de capacitaciones.....	112
	4.3	Capacitaciones externas.....	113
	<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>115</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>117</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>119</b>
	<b>ANEXOS.....</b>		<b>121</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Organigrama planta Las Palmas I.....	3
2	PLC ControlLogix.....	31
3	PanelView Plus 1000.....	33
4	Arquitectura del sistema de control.....	35
5	Lazo de control abierto.....	36
6	Lazo de control cerrado.....	38
7	Curva de un sistema inestable.....	40
8	Clasificación de incendios.....	123
9	Símbolos y números de instrumentación.....	124
10	Símbolos de válvulas y actuadores.....	125
11	P&ID de agua cruda inicial.....	126
12	P&ID de agua desmineralizada inicial.....	127
13	P&ID agua cruda .....	128
14	P&ID filtro de arena 1.....	129
15	P&ID filtro de arena 2 .....	130
16	P&ID filtro de arena 3 .....	131
17	P&ID filtro de cartucho.....	132
18	P&ID tren de ósmosis inversa.....	133
19	P&ID bombas de alimentación de ósmosis inversa.....	134
20	P&ID tanque de desgasificación.....	135
21	P&ID tanque de agua desmineralizada .....	136
22	P&ID tanques de químicos.....	137
23	P&ID regeneración.....	138







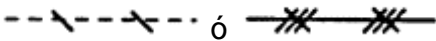




## TABLAS

I	Protocolos de comunicación.....	42
II	Tipos de incendio.....	56
III	Esquema de responsabilidades por incendio, parte I.....	61
IV	Esquema de responsabilidades por incendio, parte II.....	62
V	Señales de alarma por incendio.....	63
VI	Tipos de derrame.....	67
VII	Esquema de responsabilidades por derrame, parte I.....	71
VIII	Esquema de responsabilidades por derrame, parte II.....	72
IX	Señales de alarma por derrame.....	73
X	Esquema de responsabilidades por clima severo, parte I.....	82
XI	Esquema de responsabilidades por clima severo, parte II.....	83
XII	Señales de alarma por clima severo.....	84
XIII	Magnitud y efectos de terremoto.....	86
XIV	Esquema de responsabilidades por terremoto, parte I.....	93
XV	Esquema de responsabilidades por terremoto, parte II.....	94
XVI	Señales de alarma por terremoto.....	95
XVII	Esquema de responsabilidades amenaza de bomba, parte I.....	104
XVIII	Esquema de responsabilidades amenaza de bomba, parte II.....	105
XIX	Alarmas por amenaza de bomba o acto terrorista.....	106
XX	Capacitación audiovisual, magistral e interactiva.....	113
XXI	Fechas de capacitación plan de contingencia.....	113
XXII	Capacitaciones externas.....	114
XXIII	Número de identificación de instrumentos o números TAG.....	121
XXIV	Nomenclatura de instrumentos.....	122

## SIMBOLOGÍA

Las líneas pueden indicar diferentes tipos de señales como son neumáticas, eléctricas, ópticas, señales digitales, ondas de radio etc.

	Conexión a proceso, enlace mecánico, o alimentación de instrumentos.
	Señal indefinida
	Señal hidráulica
	Señal neumática
	Señal electromagnética o sónica (guiada)
	Señal electromagnética o sónica (no guiada)
	Señal eléctrica binaria
	Tubo capilar
	Enlace de sistema interno (software o enlace de información)



## GLOSARIO

<b>EPS</b>	Ejercicio Profesional Supervisado
<b>PLC</b>	Controlador Lógico Programable
<b>DCS</b>	Sistema de Control Distribuido
<b>HMI</b>	Interfase humano máquina
<b>PTA</b>	Planta de tratamiento de agua
<b>DEI</b>	Duke Energy International
<b>Batch</b>	Proceso por lotes, no continuo
<b>Fem</b>	Fuerza electromotriz
<b>RO</b>	Ósmosis inversa
<b>Agua DM</b>	Agua desmineralizada
<b>Annubar</b>	Elemento utilizado para medir flujo, el cual provoca una caída de presión.
<b>P&amp;ID</b>	Diagrama de instrumentos y tubería
<b>PID</b>	Algoritmo de control proporcional, integral y derivativo
<b>Posicionador</b>	Elemento final de control utilizado en el control de posición de

válvulas y actuadores

**ERE** Equipo de respuesta a emergencias

**RCP** Resucitación cardio pulmonar

**EHS** Seguridad, salud y medio ambiente

**TAG** Etiqueta

## RESUMEN

El presente informe sobre el Ejercicio Profesional Supervisado, titulado “Estudio e Implementación de sistema de control para Planta de Tratamiento de Agua para uso en calderas de alta presión para generación de Energía Eléctrica” fue realizado durante el período comprendido del 02 de julio del 2009 al 04 de enero del 2010, el cual fue desarrollado satisfactoriamente. Para alcanzar el objetivo fue necesario el apoyo de Personal de Planta las Palmas I desde operadores y técnicos hasta gerentes, personal del departamento de Proyectos, así como personal del departamento de compras y Financiero. Se tuvo varias etapas para el completo desarrollo de la automatización de la planta de tratamiento de agua, siendo básicamente estas: la etapa de investigación que involucró el conocer sobre la planta de tratamiento de agua, la etapa de diseño para cual fue necesario decidir con el departamento de proyecto y de operación y mantenimiento sobre cuales podían ser las mejores opciones, la etapa de compras desde la elaboración del documento para una licitación privada hasta la búsqueda de proveedores de servicio y equipo, la etapa de ingeniería para decidir cuál de las ofertas incluye equipo con tecnología de punta y que se acomode al presupuesto, así como la parte legal para adjudicar al mejor postor el proyecto y que se tengan las garantías necesarias para que la inversión llene las expectativas del propietario. A continuación se describe básicamente lo que se adquirió para la ejecución del EPS:

**Hardware de control:** Se instaló un Controlador Lógico Programable (PLC) Controllogix marca Allen Bradley de Rockwell Automation, lo cual permitirá reducir costos de inventario por repuestos, así como reducir costos de capacitación para personal

técnico, debido a que es el mismo tipo al instalado en los servicios auxiliares de Palmas II. Otra ventaja es el hecho que se tiene garantizado que este tipo de PLC puede comunicarse con el Sistema de Control Distribuido (DCS) marca NovaTech, que será el sistema base para Palmas II. Cuenta con suficientes entradas y salidas tanto analógicas como digitales para poder monitorear y controlar nivel en los diferentes tanques de almacenamiento en la planta de tratamiento de agua, así como variables de PH, conductividad, temperatura, presión, Sílice y flujo en la planta. Desde la consola de operación se puede parar y encender en forma automática y manual las diferentes bombas, agitadores, sopladores, y válvulas de control y on/off. En esta consola se instaló un software de Interfase Humano/máquina (HMI) para indicar los distintos valores de las variables medidas y equipos de campo en la planta, así como posición de abierto/cerrado de válvulas manuales. Se puede ver en la misma las tendencias para análisis y estadísticas, y almacenamiento histórico de las variables, indicación de alarmas y estados de los equipos. Se incluyó el servicio técnico para el desarrollo del proyecto y el servicio de puesta en servicio del mismo. Se cuenta con un panel local en la planta capaz de indicar al operador el estado de cada variable y elemento de campo en la planta, y que permita operar los mismos.

**Servicio de mantenimiento e instalación:** Se considera el desmontaje, revisión, mantenimiento, ajuste y calibración de los instrumentos de campo ya instalados. Se reemplazaron todos los instrumentos y elementos finales de control que fueron encontrados en mal estado durante el desarrollo del mantenimiento. Así también se reemplazó parte del cable de instrumentación que estaba en mal estado y se instaló nuevo para todos aquellos equipos que fueron adicionados al sistema de control para hacer de este completamente automático. En el presente informe se describe mucha de la teoría que sustenta lo relacionado a la implementación de los equipos y los

programas que hacen el sistema de control automático. Es necesario señalar que se hizo necesario el atender entrenamientos dentro y fuera de Guatemala para conocer la programación del equipo instalado.





# OBJETIVOS

## Generales

1. Elaborar el estudio del sistema de control de la planta de tratamiento de agua que incluya presupuesto, análisis y cálculo de ingeniería, así como el equipo de control necesario, con el fin de automatizarla y ponerla en funcionamiento.
2. Para llevar a cabo este ejercicio, es necesario hacer una evaluación de los instrumentos existentes para determinar cuáles pueden ser reutilizados. De esta evaluación dependerá el monto a invertir en equipo para la automatización de la planta de tratamiento de agua, además se incluirá el costo de mano de obra. Como parte del proyecto se proporcionará un manual de operación y entrenamiento necesario al personal operativo. Para la licitación de compra de equipo y mano de obra se considerarán empresas locales y extranjeras, con el fin de lograr la mejor asesoría y suministro al menor costo.
3. Tener una consola que permita a los usuarios: Operar, diagnosticar, visualizar, interactuar, ver alarmas, reportar las distintas variables involucradas para un buen funcionamiento de la planta de tratamiento de agua. Además debe ser capaz de poder enviar información remotamente.



## INTRODUCCIÓN

Duke Energy es una compañía eléctrica con base en Charlotte, Carolina del Norte en Estados Unidos de América, genera y distribuye energía a aproximadamente 4.4 millones de clientes. Cuenta con sede para sus negocios internacionales en Houston Texas. Tiene presencia en algunos países de América Latina, siendo Guatemala uno de ellos.

Como parte de su desarrollo y crecimiento actualmente se está construyendo una nueva planta de generación de energía eléctrica a base de carbón mineral para la cual es necesario tener múltiples sistemas auxiliares en operación automática y dentro de ellos podemos mencionar la planta de tratamiento de agua, que garanticen la buena calidad del agua a utilizar en los equipos de generación, especialmente agua para calderas y torres de enfriamiento.

Para alcanzar la automatización de la planta de tratamiento de agua se ha propuesto realizar un ejercicio de práctica supervisada cuyo desarrollo y resultados se muestran más adelante. Debido a que no solo se trata de un estudio sino también de implementación, fue necesaria la colaboración de personal operación y mantenimiento, así como de supervisores y personal de ingeniería para tomar la mejor decisión técnica y que mejor se acomode al presupuesto para la compañía. Se investigó aplicaciones parecidas dentro y fuera del país, tanto en otras plantas de Duke Energy, como de empresas similares, también se consultaron documentos y libros relacionados al proceso. También se investigó en paralelo sobre los sistemas de control de procesos, eso debido a se requiere la regulación de muchas variables tales como temperatura, concentraciones, flujo,

nivel, PH, Conductividad, presión, etc. Estos sistemas de control requieren la manipulación de unidades de proceso continuas y de batch o por lotes.

# **1. ANTECEDENTES DE DUKE ENERGY INTERNATIONAL GUATEMALA.**

Previo al desarrollo del sistema de control para la planta de tratamiento de agua, es necesario conocer el origen de la empresa Duke Energy International Guatemala, cuáles son las actividades principales y su mercado objetivo.

## **1.6 Historia de la empresa**

En el año 2002 Duke Energy a través de su unidad de negocios internacionales (DEI), parte de Duke Energy Global Markets, adquirió el Grupo Generador de Guatemala y Cía., S.C.A. (Grupo Generador) desde sus afiliados de Constellation Energy Group de Maryland, USA. De esa cuenta, al adquirir dos plantas generadoras del Grupo Generador en Escuintla Planta Las Palmas de 89 MW y Planta La Laguna en Amatitlán, inicia operaciones en Guatemala. En su momento el “President and Chief Executive Officer” dijo “Guatemala is a key component of our regional strategy” que traducido al español significa que Guatemala era un componente primordial de nuestra estrategia regional. Previo a esto, en 1999, Duke Energy adquirió en El Salvador una planta de generación estatal llamada Planta Acajutla. Desde entonces fundó una plataforma para el crecimiento continuo de Duke Energy International en Centro América. Posteriormente construyó Planta Arizona, con una capacidad de 170 MW en el Puerto San José, Escuintla. Actualmente se encuentra en fase de construcción la Planta Palmas II, que producirá 83 MW a base de carbón mineral.

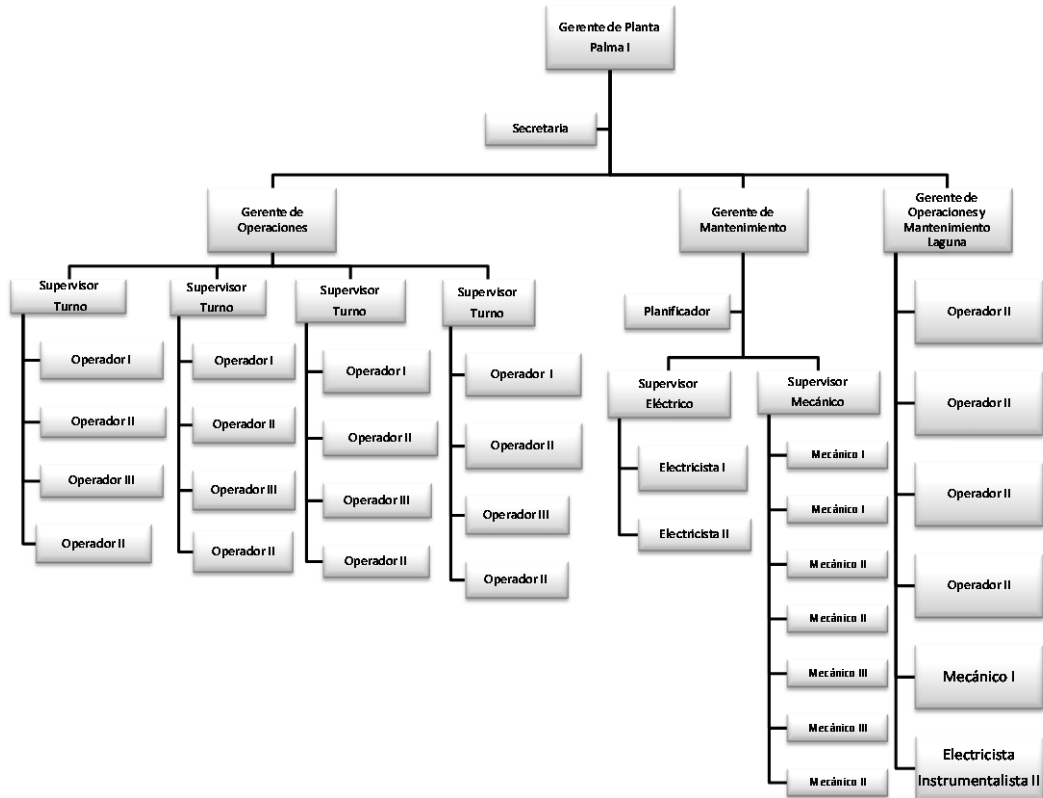
## **1.7 Actividades de la empresa**

La compañía tiene en Estados Unidos cerca de 35,000MW de capacidad de generación de electricidad en el Medio Este y Carolinas, distribución de gas natural en Ohio y Kentucky. Además posee más de 4,000 MW de generación de energía eléctrica en América Latina. Actualmente tiene operaciones en Argentina, Brasil, Ecuador, El Salvador, Guatemala y Perú.

## **1.8 Estructura organizacional**

La planta cuenta con un gerente de plantas, un gerente de operaciones y un gerente de mantenimiento. Planta La Laguna en Amatlán cuenta con un gerente de operación y mantenimiento reportando también al gerente de plantas. Los gerentes de operaciones y mantenimiento cuentan con supervisores, técnicos y operadores de turno. A continuación el organigrama:

**Figura 1.** Organigrama planta Las Palmas I



Fuente: Manual 400-500 DEI Guatemala

## 1.9 Ubicación

Duke Energy International Guatemala tiene sus oficinas centrales en 5ta. avenida 5-55 zona 14, Europlaza World Bussines Center, Torre III, Nivel 12, en la ciudad Capital. La planta Las Palmas I se ubica en el kilómetro 61.5 carretera antigua a Puerto San José, Escuintla. Planta Las Palmas II, en fase de construcción se encuentra en el Kilómetro 62.5 carretera Antigua a Puerto San José, Escuintla.

## 1.10 Mercado Objetivo

Para Duke Energy International Guatemala, el producto final es energía eléctrica, distribuye y vende energía a comercializadores,



distribuidores y grandes usuarios. En Guatemala, en la actualidad tiene una capacidad instalada de 276 MW, distribuidos así: Planta La Laguna en Amatitlán 17 MW, Planta Arizona 170 MW, Planta Las Palmas I 89 MW y con la puesta en operación de Planta Las Palmas II de 83 MW, se alcanzará 359 MW, lo cual representa un alto porcentaje de generación en nuestro país.

## **2. SISTEMA DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

La planta de tratamiento de agua en una termoeléctrica que opere con vapor sobrecalentado a alta presión es de suma importancia para la operación de la misma, de allí la necesidad de hacer el estudio e implementación del sistema de control para la misma. Para la implementación del sistema de control, se desarrollaron varias etapas las cuales se describen a continuación:

### **2.1 Evaluación de la planta de tratamiento de agua**

La planta Las Palmas II será una termoeléctrica, la cual básicamente está compuesta por cuatro calderas acuotubulares, con capacidad de producción de 185,000 lbs/hr de vapor sobrecalentado a 1450 psig y 975 °F. Cada caldera cuenta con cuatro quemadores los cuales para el inicio de operación utilizarán Bunker C como combustible, luego de un periodo de tiempo, una vez alcanzado un porcentaje de carga, cambiará automáticamente a Carbón Mineral pulverizado, el cual será el combustible principal para operación continua de la misma. El carbón será importado y descargado en uno de los puertos de Escuintla y trasladado por medio terrestre hacia la planta de generación, luego será descargado hacia una fosa para posteriormente ser transportado por medio de fajas a una torre trituradora, la cual convierte el carbón mineral de diámetros promedio de tres centímetros a un diámetro menor de un centímetro. Posteriormente es transportado a los pulverizadores para convertir el carbón mineral en polvo. Este polvo de carbón es arrastrado con aire hasta cada uno de los

quemadores donde es incinerado. Cada caldera está siendo alimentada por dos pulverizadores, los cuales a su vez alimentan a los cuatro quemadores.

La planta contará con dos turbogeneradores marca General Electric, con capacidad de generación de 41.5 MW cada uno, haciendo un total de generación de 83 MW. Estas unidades aprovechan el vapor producido de las cuatro calderas. El voltaje generado por estas unidades es de 13.2 KV y alimentan una barra común, y luego se eleva por dos transformadores de potencia de 13.2 KV a 230 KV y se interconectarán con la subestación Escuintla I, propiedad del INDE. Se pretende que la planta inicie operaciones con una capacidad del 50 % de la carga total a mediados del año 2010 y para finales del mismo estar en línea a plena carga.

El agua a utilizar será obtenida de pozos los cuales están en fase de construcción en este momento, sin embargo, debido a la necesidad de iniciar operaciones, el agua será temporalmente suministrada desde la planta Palmas I, contigua al sitio de construcción de Palmas II. Palmas I cuenta con una planta de tratamiento de agua por Osmosis inversa, la cual estuvo en operación durante muchos años, pero que a la fecha por razones internas tiene aproximadamente cuatro años de estar fuera de servicio. De aquí la necesidad de reacondicionar la planta de tratamiento de agua.

La rehabilitación de la planta debe ser total y necesita de muchas disciplinas de ingeniería para el efecto, entre ellas Mecánica, Química y Eléctrica. Este Ejercicio Profesional Supervisado cubre el área eléctrica y específicamente el sistema de control de la misma.

El alcance total del proyecto incluye desmontaje de cada uno de los elementos de campo como: Transmisores de presión, nivel, flujo, PH, conductividad, interruptores de posición, flujo, presión y nivel, válvulas de control y su posterior mantenimiento, ajuste, calibración y reinstalación de los mismos. La planta durante toda su operación fue semiautomática y dado

que ahora se requiere de una automatización total, se comprarán instrumentos que complementen el sistema, y elementos finales como válvulas on/off y de control. Adicionalmente será necesario hacer inspección visual y pruebas al cableado de control e instrumentación existente como también agregar cableado y entubado para las nuevas señales del sistema de control.

### **Etapas que son necesarias evaluar para la realización del sistema de control**

- **Análisis** del sistema que se quiere controlar → **objetivos de control**
  - ¿Qué se quiere regular? Variables de referencia.
  - ¿Qué hay que medir? Variables de salida.
  - ¿Qué se puede manipular? Variables de control.
  - ¿Perturbaciones?
  - ¿Situaciones peligrosas?
  - ¿Procedimientos de arranque y parada?
  
- Establecer la **estructura de regulación**.
  - Especificar que variables se van a realimentar y que variables se van a manipular para lograr los objetivos de control.
  
- **Seleccionar, diseñar y sintonizar** los reguladores seleccionados.
  - La correcta ejecución de este paso es función de haber establecido antes los **criterios de control**.
    - Rechazo de perturbaciones
    - Errores estacionarios
    - Respuesta dinámica ante cambios en la referencia

- Sensibilidad a cambios de parámetros del sistema
  - Un correcto diseño de los reguladores puede requerir el disponer de un modelo lineal del proceso a controlar. Así una etapa previa es el desarrollo de un modelo matemático adecuado para los fines de control.
  
- **Evaluar** el diseño del sistema de control, utilizando técnicas de simulación dinámica.
  
- **Realización práctica** y puesta a punto del sistema de control diseñado

### 2.1.1 Descripción del proceso

El agua a ser utilizada en la planta termoeléctrica proviene de las faldas del volcán de agua, a una distancia aproximada de 18 kilómetros. Esta es básicamente agua cruda, sin embargo como se mencionaba anteriormente, para la apropiada operación de las calderas se requiere agua desmineralizada. Para cumplir con este objetivo es necesario en primer lugar almacenar agua cruda, con el fin de que en cualquier eventualidad o problema mecánico en la tubería y accesorios de alimentación podamos tener una reserva para operar durante algún tiempo prudencial, lo que permite hacer las reparaciones o mantenimientos necesarios. Luego es enviada a los filtros de arena, para reducir todos los sólidos en suspensión y partículas en el agua. De este punto es trasladada hacia los filtros de cartucho, para anular cualquier residuo. A continuación es enviada por medio de un banco de bombas de alta presión a las unidades de ósmosis inversa, y al final de esta se obtiene la separación de las aguas permeadas y concentradas. Hasta este punto la calidad de agua es bastante alta, y se traslada hacia la torre de desgasificación para luego ser almacenada en un

tanque de agua desgasificada. Posteriormente se hace pasar por una cama de lechos mixtos a base de resinas aniónicas y catiónicas con lo cual el agua ya esta desmineralizada a un nivel aceptable para ser utilizada en las calderas de alta presión en la generadora termoeléctrica. Durante todo el proceso es necesario hacer mediciones las cuales se detallan más adelante, como por ejemplo de nivel, flujo, PH, Conductividad, presión, sílice, temperatura, etc. y hacer dosificaciones de polímeros y otros químicos.

El proceso de Osmosis Inversa fue observado en 1748 por Jean Antoine Nollet. Por los siguientes 200 años la Osmosis fue observada únicamente como un fenómeno en el laboratorio. En 1949 la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) investigó sobre la desalinización del agua de mar usando membranas semipermeables. Estudios de la UCLA y la Universidad de Florida exitosamente produjeron agua fresca a partir de agua de mar a mediados de 1950, pero el flujo era muy bajo que no era una buena opción comercial.

Formalmente, Osmosis Inversa (RO) es el proceso de forzar un solvente desde una región de alto concentrado a través de una membrana semipermeable a una región de baja concentración, lo cual es conseguido aplicando una alta presión.

En una planta de generación de energía eléctrica, el equipo industrial de Osmosis Inversa (RO) se utiliza casi exclusivamente en el tratamiento del agua de la caldera. Dado que la mayoría de las calderas tienden a operar a una presión elevada por arriba de los 700 psig, y específicamente las cuatro calderas en proceso de instalación para planta Las Palmas II que operarán a 1450 psig, la alimentación de agua a la caldera debe de ser de muy buena calidad.

Como resultado, el equipo de Osmosis Inversa en esta aplicación es invariablemente seguido por algún tipo de pulidores para desmineralización,

diseñado para reducir los sólidos disueltos del agua de alimentación, especialmente la sílice que debe ser de niveles muy bajos. El equipo industrial de ósmosis inversa, por sí misma, es incapaz de proporcionar la calidad de agua de alimentación exigida por las calderas de alta presión.

Debido a que los pulidores para agua desmineralizada (DM) en una generadora de energía eléctrica debe ser dimensionado bajo el funcionamiento del equipo de Ósmosis Inversa (RO) y la expectativa de la cantidad y calidad de agua permeada, algún problema con el equipo de RO puede tener efectos drásticos en el desempeño de la unidad de desmineralización. Un pobre desempeño puede causar un incremento marcado de costos en la regeneración, usando demasiado ácido o soda para el efecto.

Adicionalmente, el impacto de un pobre desempeño de la RO en las calderas de alta presión puede ser grave, por pérdida de eficiencia en las mismas, y sufrir daños prematuros y permanentes en las turbinas.

El conocer del diseño de la RO para una planta de generación eléctrica lleva a cuatro componentes principales en el sistema:

1. Elemento
2. Arreglo (tren)
3. Etapas
4. Paso

El elemento utilizado es la piedra angular de la RO, ya que es allí donde el proceso se produce. Hay básicamente cuatro diseños de elementos:

Espiral: que es el más común para la purificación de agua

Fibra hueca: áreas de la membrana de gran tamaño de la superficie son posibles en este diseño. Es usado en la desalinización de agua de mar.

Tubo Grande: Similar a un intercambiador de calor de concha y tubo en la apariencia y el diseño. Utilizado especialmente en el tratamiento de aguas residuales y aplicaciones de procesamiento de alimentos.

Flat Plate: Similar a un intercambiador de calor de placas. Se utiliza en aplicaciones de procesamiento de alimentos.

Independientemente del diseño del elemento, es necesario enviar agua a alta presión para forzar el agua a que atraviese las membranas de RO para formar el permeado. Debido a las altas presiones necesarias, cada elemento debe ser diseñado de manera que su estructura interna pueda resistir una presión de agua de alimentación de varios cientos de psig. En nuestra aplicación el agua está siendo enviada a 450 psig.

La cantidad de elementos necesarios será determinada por la cantidad del producto final necesario por día.

El arreglo o tren de la RO, es simplemente la manera en que los elementos se agrupan, en serie o en paralelo.

Una etapa RO, es una serie de elementos vinculados entre sí de modo que el rechazo (concentrado) de agua de la etapa 1 se convierte en el agua de alimentación para la etapa 2. Los elementos individuales en una sola etapa se puede configurar en serie o en paralelo, pero su rechazo es recogido y se alimenta a la etapa 2. La razón para el reciclaje del concentrado de la etapa 1 en la etapa 2 es la reducción de aguas residuales, y para aumentar la recuperación total del arreglo del RO.



El paso de una RO es una disposición de elementos diseñados para que el permeado de paso 1 se convierta en el agua de alimentación de paso 2. En otras palabras, el permeado se vuelve a procesar (pulido), de modo que el producto final es el más puro que se puede lograr con un solo paso.

Un arreglo del RO (tren) es la configuración total de elementos en serie y paralelo, y puede consistir en una o más etapas, (por lo general hasta un máximo de tres), y uno o más pasos (por lo general, hasta dos, aunque tres se han visto). Puede haber varios conjuntos de RO en aplicaciones industriales de osmosis inversa.

El diseño final de una RO para cualquier planta de generación de energía dependerá de:

La calidad del agua final

Cantidad diaria de agua necesaria

Calidad del agua de alimentación en la entrada

Costo para el tratamiento de aguas residuales

Tipo de equipo de tratamiento de agua de alimentación instalado  
aguas arriba.

Un análisis profundo en la Osmosis Inversa para la industria de generación de energía es necesario realizarse en conjunto con el personal de operación y mantenimiento, así como con el departamento de planificación a efecto de determinar el arreglo que se ajuste de mejor manera a las necesidades de la planta. Sin embargo, como programador se dejará las opciones de tal manera que el operador desde la consola de operación pueda verificar la calidad de agua obtenida y el arreglo que se cuenta en ese momento.

### **2.1.1.1 Tanques**

Se cuenta con múltiples tanques que van desde el ingreso de agua cruda a la planta hasta la salida de agua desmineralizada pudiendo mencionar:

- Tanque de agua cruda
- Tanque de agua desgasificada
- Tanque de agua desmineralizada
- Tanque de agua de neutralización
- Tanque subterráneo de agua de desecho
- Tanque de soda cáustica
- Tanque de ácido sulfúrico

### **2.1.1.2 Tuberías**

La tubería de entrada de agua cruda es de PVC cédula 80, de 6 pulgadas de diámetro, y luego conforme va ingresando a las distintas etapas del proceso va cambiando de diámetro según el flujo. A partir de los filtros de cartucho hacia las RO, debido a la alta presión con que el agua es transportada se cuenta con tuberías de acero inoxidable 316SST, diámetro de 4 pulgadas, cedula 80. En el área de salida, por ser agua DM la tubería es de PVC y de 6" de diámetro.

### **2.1.1.3 Filtros**

Se posee tres filtros de arena para agua cruda, los cuales atrapan sólidos en suspensión y partículas de tamaño considerable. Debido a que son los primeros en recibir el agua a tratar, la velocidad con que se ensucian es alta, para lo cual se hace necesario hacerles ciclos de retro lavado, los

cuales pueden ser en función de tiempo, o en función de la presión diferencial entre la entrada y la salida, debido a que esta diferencia de presión es directamente proporcional a las partículas atrapadas en los mismos. También puede ser en forma manual a discreción del operador. Adicionalmente se tienen dos filtros de cartucho para un filtrado micrométrico.

## **2.2 Variables de proceso e instrumentos asociados**

Existen muchas variables a medir y controlar en la planta de tratamiento de agua, muchas de esas mediciones son hechas por los operadores con instrumentos portátiles y de laboratorio y otras son parte del sistema de control, por lo que se hace necesario contar con instrumentos analógicos o digitales para su lectura. Dentro de estos podemos mencionar:

### **2.2.1 Presión**

La presión se define como la fuerza aplicada a un área, que matemáticamente corresponde decir que es igual a la fuerza por unidad de área y cuyas unidades pueden ser lb/pulg<sup>2</sup> (psi), kg/cm<sup>2</sup>, bar, atm, pascal etc., y sus unidades pueden ser absolutas o diferenciales.

Dentro de la planta existen muchas mediciones de presión las cuales se hacen a través de manómetros que son los dispositivos más simples para indicación local y a través de transmisores de presión que son dispositivos que pueden ser de tipo inductivo, capacitivo, piezoeléctrico, etcétera. Estos equipos convierten un tipo de movimiento o señal en otro, como por ejemplo: Movimiento mecánico generado por fuerzas de presión y luego se convierte en una señal eléctrica o electrónica para ser utilizada en la medición y/o en el sistema de control.

Se instalaron transmisores de presión manométrica marca ABB modelo 364 en el área de entrada a las unidades de Osmosis Inversa (RO) para monitorear la presión a la cual el banco de bombas de alta presión están enviando el agua a los trenes.

### **2.2.2 Nivel**

Es necesario determinar la cantidad de producto en los distintos tanques de almacenamiento o en los tanques de procesamiento, para esta función estamos usando sensores de nivel, se tienen instalados de dos categorías, la primera es discreta utilizando los sensores de punto de contacto, como los interruptores de nivel y la otra es continua dentro de un rango establecido como los transmisores.

Desde inicios de la operación de la planta se contaba con transmisores de nivel para los siguientes tanques: Agua cruda, Agua DM, Agua de neutralización, tanque de soda, tanque de ácido y de agua desgasificada a todos se les hizo mantenimiento y ajustes rescatándose tres de ellos. Fue necesario instalar transmisores modelo 364 marca ABB nuevos a los tanques de agua desgasificada, soda caústica y ácido.

### **2.2.3 Flujo**

Fluido es un término que describe cualquier sustancia que fluye, como el agua, ácido sulfúrico, soda caústica líquida, vapor, oxígeno, etcétera. La capacidad del flujo de un fluido que fluye a través de una tubería se puede calcular multiplicando la velocidad promedio del flujo por el área o sección transversal del tubo. Dentro del sistema de control antiguo existía un indicador de flujo utilizando un elemento annubar y un manómetro

diferencial con escala no lineal, sino con extracción de raíz cuadrada para indicación de flujo, el cual era utilizado para indicación de caudal de retro lavado a filtros de arena. Por encontrarse el elemento en mal estado se instaló un medidor de flujo tipo electromagnético marca ABB modelo MMGE. Adicionalmente se instaló otro medidor de flujo de agua cruda similar al de retro lavado, con este se tendrá una indicación de la cantidad de agua consumida para el proceso. Ya existían cuatro medidores de flujo por presión diferencial, en el que el elemento es placa de orificio, de los cuales fue posible ajustar y recalibrar dos de ellos, siendo los otros dos reemplazados por transmisores de presión diferencial marca ABB modelo 364.

#### **2.2.4 Temperatura**

Temperatura es la medición de la intensidad del calor, y es quizá la más común en cualquier tipo de proceso industrial. Sus unidades más frecuentes son los grados Celsius (°C) y los grados Fahrenheit (°F), aunque puede ser también en grados Kelvin y Rankine. Para la planta de tratamiento de agua utilizamos el termómetro bimetálico para indicación local al operador y para el sistema de control tenemos detectores de temperatura por resistencia de platino (RTD PT100) y termopares tipo J.

El sistema de control contaba con medición de temperatura en el tanque de soda cáustica y en la unidad de regeneración.

#### **2.2.6 Conductividad**

La conductividad es la capacidad de una sustancia o material para conducir corriente eléctrica y por lo tanto es la inversa de la resistencia. Este es un parámetro muy importante en la planta de tratamiento de agua, debido

a que nos da la referencia de la calidad de agua que servirá en las calderas para generación de vapor. Su unidad de medida es Siemens.

La planta contaba con analizadores marca Leeds & Northrup, los cuales estaban en mal estado. Fueron reemplazados por analizadores marca ABB modelo TB84.

### **2.2.7 PH**

El PH es la unidad de medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución, y también es de suma importancia para el tratamiento de agua. Su escala es de 0 a 14 y el rango inferior significa la más alta concentración de ácido o la más baja concentración de alcalinidad y el valor de 14 o rango superior significa la más baja concentración de ácido o más alta concentración de alcalinidad. De la misma manera que los analizadores de conductividad, los equipos estaban en mal estado y fueron reemplazados por analizadores marca ABB modelo TB84PH.

## **2.3 Diagramas de tuberías e instrumentos**

La planta de tratamiento de agua fue en el inicio monitoreada mas no automatizada por medio de un controlador de la marca Texas Instruments y en el campo se instalaron transmisores de nivel Rosemount y analizadores Leeds & Northrup, los cuales se detallarán más adelante. Para analizar cómo era la secuencia de operación del sistema, se revisó toda la información con la que se contaba desde el año 1992, fecha en la cual se redibujaron algunos planos, sin embargo, es necesario señalar que la planta había operado años atrás de esa fecha.

Los diagramas de instrumentación del proceso o diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID's piping and instrument diagrams) son una buena fuente de información incluyendo todas las variables del proceso en el sistema, como también la información de cada uno de los instrumentos en los lazos.

Cuando se necesita más información específica y detallada es necesario utilizar otros tipos de diagramas como es un diagrama de lazo de instrumentación. El diagrama de lazo nos permite una mejor comprensión de cómo están conectados cada uno de los elementos.

Esta información nos permite identificar las conexiones entre los dispositivos, la acción de los componentes y las rutas de comunicación.

El contenido del diagrama de lazo está compuesto por la representación de la información del lazo de instrumentación. Este contiene toda la información de las conexiones eléctricas y de tuberías asociadas. Todas las interconexiones de punto a punto están identificadas por medio de números o códigos de colores para identificar los conductores, multitubos neumáticos, y los tubos neumáticos e hidráulicos. Sumado a esto, el diagrama nos puede indicar información de gran ayuda para identificar equipos y sus características especiales, funciones de apagado de seguridad y circuitos de seguridad, suministros de energía, fuentes de energía, suministro de aire, suministro de fluido hidráulico, tensión, presión o cualquier parámetro aplicable.

### **Identificación del Lazo:**

La identificación del lazo consiste en la primera letra y un número. Cada instrumento en un lazo tiene asignado a él el mismo número de lazo y, en caso de una numeración paralela, la misma primera letra. Cada lazo de

instrumentos tiene un único número de identificación de lazo. Un instrumento común a dos o más lazos podría cargar la identificación del lazo al cual se le considere predominante.

La numeración de los lazos puede ser paralela o serial. La numeración paralela involucra el inicio de una secuencia numérica para cada primera letra nueva, por ejemplo: TIC-100, FRC-100, LIC-100, AL-100, etc. La numeración serial involucra el uso de secuencias simples de números para proyectar amplias secciones. Una secuencia de numeración de un lazo puede realizarse con uno o cualquier otro número conveniente, tal como 001, 301 o 1201. El número puede incorporarse al código de operación.

La simbología de líneas representa la información única y crítica de los diagramas de instrumentación y tuberías. Las líneas indican la forma en que se interconectan los diferentes instrumentos así como las tuberías dentro de un lazo de control.

### **2.3.1 Diagrama de tuberías e instrumentos iniciales**

Los diagramas de tubería e instrumentos iniciales (mostrados como copia de los originales) con los cuales se contaba en la planta aparecen en el anexo 4 los cuales por el uso que se les ha dado y lo antiguo de los mismos son prácticamente no legibles, sin embargo se identifican de la siguiente manera:

P&ID agua cruda inicial página 126

P&ID agua desmineralizada inicial página 127



### **2.3.2. Diagrama de tuberías e instrumentos finales**

Los diagramas de tubería e instrumentos finales, se han dibujado según el diseño actual del sistema de control de la planta de tratamiento de agua, y son mostrados también en el anexo 6, página 126 y están identificados de la manera siguiente:

P&ID agua cruda	página 128
P&ID filtro de arena 1	página 129
P&ID filtro de arena 2	página 130
P&ID filtro de arena 3	página 131
P&ID filtros de cartucho	página 132
P&ID tren osmosis inversa	página 133
P&ID bombas alimentación ósmosis inversa	página 134
P&ID tanque de desgasificación	página 135
P&ID tanque de agua desmineralizada	página 136
P&ID tanques de químicos	página 137
P&ID regeneración	página 138

### **2.3 Equipos de campo del sistema de control**

Dentro de estos encontramos los instrumentos de campo, las válvulas de control, interruptores de flujo, interruptores de presión, indicadores de variables de proceso, los cuales se detallan a continuación:

## **2.4.2 Instrumentos de campo:**

Dentro del sistema de control anterior se contaba con los siguientes equipos:

- Transmisor de Nivel del tanque de agua cruda, marca Rosemount, serie 1151, conexión tipo Flange de 3" class150, diafragma a ras de acero inoxidable, salida de 4-20 mA. Únicamente fue necesario limpiarlo, ajustarlo y calibrarlo.
- Transmisor de presión manométrica, marca Rosemount, serie 1151, conexión roscada de ½" NPT interna, salida de 4-20 mA.
- Transmisor de flujo, por presión diferencial marca Rosemount, serie 1151, conexión roscada interna de ¼" NPT, con manifold de tres válvulas, montado sobre placa de orificio para medición de caudal de agua permeada y concentrada, flujos en la unidad de regeneración.
- Analizador de PH marca Leeds & Northrup, rango de 0-14 PH, instalado a la salida de los filtros de arena, lechos mixtos, los cuales estaban en mal estado y hay necesidad de instalar nuevos.
- Analizador de Conductividad Leeds & Northrup, instalado a la salida de los lechos mixtos, unidad de regeneración y tren de ósmosis inversa.

## **2.4.3 Válvulas de control**

- Válvula de control marca Fisher Controls modelo 1051 con posicionador electro neumático, diámetro de 6", para control de nivel en tanque de agua DM, conexión tipo flange clase 150, normalmente cerrada, curva característica lineal. Se le hará mantenimiento incluyendo cambio de todas las piezas suaves

como diafragmas, empaques, etc. Se reemplazará el posicionador por estar en mal estado.

- Válvula de control marca Fisher Controls modelo 1051 con posicionador electro neumático, diámetro de 6", para control de nivel en tanque de agua cruda, conexión tipo flange clase 150, normalmente cerrada, curva característica lineal. Se le hará mantenimiento incluyendo cambio de todas las piezas suaves como diafragmas, empaques, etc. Se reemplazará el posicionador por estar en mal estado.
- Válvula de control marca Fisher Controls modelo 1051 con posicionador electro neumático, diámetro de 2", para control de presión de retro lavado y tanque de agua desgasificada, conexión tipo flange clase 150, normalmente cerrada, curva característica lineal. Se le hará mantenimiento incluyendo cambio de todas las piezas suaves como diafragmas, empaques, etc.
- Válvulas manuales tipo mariposa, para by-pass y corte de flujo en cada unidad de la planta de tratamiento de agua, diámetros desde 2" a 6", a las cuales se les hará mantenimiento preventivo y correctivo de ser necesario.
- Válvulas On/Off para lechos mixtos, marca ITT Grinell, con indicadores de posición, son 27 en total y van de diámetros de 1" a 6". Será necesario reemplazarlas completamente, debido a que se encuentran en mal estado.
- Válvula de control en unidad de regeneración de resinas para lecho mixto, marca ITT Grinell, control proporcional, con posicionador electro neumático, entrada de 4-20 mA. Será necesario reemplazarlo debido a que el cuerpo esta corroído por contacto con soda cáustica y ácidos.
- Válvula de control de desvío en tanque de neutralización, marca Bray, conexión entre bridas, tipo mariposa, posicionador de doble efecto neumático.

#### **2.4.4 Interruptores de flujo**

- Interruptor de flujo, marca desconocida, para alimentación de agua cruda a filtros de arena, lechos mixtos, osmosis inversa, tanques de agua DM. En mal estado, necesidad de reemplazarlo.

#### **2.4.5 Interruptores de presión**

- Interruptores de presión, marca Square D, instalados en tubería de presión de alimentación de filtros de agua, osmosis inversa, lechos mixtos.

#### **2.4.6 Indicadores**

- Indicadores manométricos de presión diferencial instalados en cada uno de los filtros de arena, filtros de cartucho y trenes de ósmosis inversa.
- Indicador de flujo de retro lavado para filtros de arena, con elemento tipo annubar para tubería de 6", el indicador es tipo presión diferencial con extracción de raíz cuadrada.
- Manómetros marca Aschroft con conexión roscada externa inferior de ¼" NPT, carátula de 4.1/2" con rangos de 0-15 psi a 0-600 psig.

#### **2.4.7 Cableado y entubado**

- Se reemplazaron condulets tipo T de ½", ¾" y de 1"; también condulets tipo LL de ½", de ¾" y de 1"; conectores de ¾" y de 1", así como reducidos de ½", ¾" y de 1".

- Se reemplazó el 10% del cable de instrumentación del sistema de control antiguo por encontrarse deteriorado, y debido a que hay nuevos instrumentos y elementos finales de control se tendió el cableado para estos, utilizando para el efecto cable de instrumentación marca Belden, de un par calibre 18 AWG modelo 10232A, de un triad calibre 18 AWG, modelo 1036A, y de 24 pares calibre 18AWG, 300V, modelo 1471A entre otros.
- Para el aire comprimido se instalaron tubería galvanizada de ½" y accesorios como codos, acoples, y filtros, reguladores de aire, y válvulas solenoides para activar válvulas neumáticas on/off.

## **2.5 Controlador**

Durante la etapa de decisión de qué tipo de controlador era el más adecuado para la planta de tratamiento de agua, se tuvieron a la vista diferentes proveedores de equipo y servicios y por lo tanto distintas marcas de controladores con tecnología de punta en el mercado local e internacional. Para el efecto fue necesario tomar muchas decisiones de carácter práctico y de presupuesto sin dejar por un lado las investigaciones necesarias sobre las características de cada uno de los sistemas en el mercado actual. A continuación se presenta un resumen de la investigación:

### **Sistema de Control Distribuido (DCS)**

Un sistema de control distribuido se refiere usualmente a un proceso, sistema de manufactura o cualquier tipo de sistema dinámico en el cual el elemento controlador no está localizado en un sistema central (como el cerebro) pero está distribuido a lo largo de todo el sistema y cada

subsistema es controlado por uno o más controladores. El sistema entero de controladores es conectado por redes para comunicación y monitoreo.

El DCS es usado a nivel mundial en una variedad de industrias, para monitorear y controlar equipos distribuidos:

- Redes de interconexión eléctricas
- Generadores de energía eléctrica
- Sistema de control ambiental
- Señales de tráfico
- Sistemas de manejo de aguas
- Plantas químicas
- Industria farmacéutica
- Industria de alimentos y bebidas
- Industrias de papel
- Industrias de Metal
- Etc.

Los elementos de un sistema de control distribuido pueden ser directamente conectados a equipos físicos como interruptores, bombas, válvulas, máquinas o puede trabajar a través de un sistema intermediario como un sistema SCADA.

Un sistema de control distribuido (DCS) es un sistema dedicado a un proceso continuo o de lotes (batch), y son conectados a sensores y actuadores para controlar el flujo de materias primas dentro de la planta.

Cerca del año de 1960 minicomputadoras fueron usadas en el control de procesos industriales, siendo en el año 1959 cuando el primer sistema de control industrial por computadora fue construido para operar en Texaco Port Arthur, en una refinería de Texas.

El primer DCS fue introducido en 1975. Las compañías Honeywell y Yokogawa introdujeron sus DCS TDC2000 y CENTUM respectivamente. Sin embargo, previo a ellos Taylor Instrument Company (Ahora ABB) desarrollo el sistema 1010, que sin ser un DCS operaba como tal. En el año 1980 Bailey (ahora ABB) introdujo el DCS NETWORK90, y en el mismo año Fischer & Porter Company (ahora también ABB) introdujo el DCI-400.

Fue de suma importancia para el DCS la inclusión de bloques de función para control “control function block” que eran bloques auto contenidos que emulaban componentes de hardware análogos de control y ejecutaban tareas que fueron esenciales en los procesos de control como ejecución de algoritmos PID. Bloques de funciones continúan siendo el método principal predominante para los DCS.

Comunicaciones digitales entre los controladores distribuidos, Workstation y otros elementos de cómputo era una de las ventajas primarias del DCS. El enfoque sobre las redes de comunicación para aplicaciones de procesos industriales tenía que incorporar funciones específicas como la redundancia. Como resultado, muchos fabricantes acogieron el estándar de redes IEEE 802.4. Esta decisión sentó las bases para la ola de migración necesaria cuando la tecnología de informática se trasladó a la automatización de procesos y la IEEE 802.3 en lugar de la IEEE 802.4 prevaleció con la red LAN de control.

El DCS llevó inteligencia distribuida a la planta y estableció la presencia de computadoras y microprocesadores en el control de procesos, pero no proveyó los recursos y apertura necesaria para unificar los requerimientos de los equipos existentes en las plantas.

La introducción de MicroSoft en las PC y servidores resultó en el desarrollo de tecnologías como “OLE for Process Control (OPC)” lo cual es ahora un estándar de conectividad. La tecnología del Internet también

empezó a hacer su marca en la automatización y el mundo del DCS, ya que muchos HMI soportan conectividad en ella.

Hoy día, algunos fabricantes construyen sus sistemas desde los básicos hasta un sistema que pueda maximizar funcionalidades como ABB con su System 800xA, NovaTech con su D/3 System, Honeywell con Experion & Plantscape, Emerson Process Management con el DeltaV control system, Siemens con el Simatic PCS7 y otros.

### **Controlador Lógico Programable (PLC)**

Es un computador digital usado para la automatización de un proceso electromecánico, como control de máquinas en una línea de ensambles en una fábrica, control de llenado, control de transportadores, etc. El PLC es diseñado para arreglos con múltiples entradas y salidas, rangos extendidos de temperatura de operación, inmunidad al ruido eléctrico, resistencia a la vibración e impacto. Los programas de control son típicamente almacenados en una batería de respaldo y memoria no volátil. Un PLC es un ejemplo de un sistema en tiempo real desde que los cambios en la salida son producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo determinado.

El PLC fue inventado en respuesta a las necesidades de una industria americana fabricante de automóviles. Autómatas programables fueron inicialmente adoptados por la industria automotriz donde la revisión del software sustituyó el recableado de los paneles de control cuando los modelos de producción cambiaban. Antes del PLC el control, secuencia y bloqueos de seguridad por las fábricas de automóviles fueron realizadas mediante el uso de cientos o miles de relevadores, levas, secuenciadores tipo tambor y controladores de lazo cerrado, lo cual producía costos altos cuando cambiaba el modelo de los carros.



En 1968 GM Hydramatic (división de transmisiones automáticas de General Motors) hizo una solicitud por una propuesta electrónica que presentó Bedford Associates of Massachusetts. De esta cuenta fue diseñado el primer PLC y a partir de este Bedford Associates inició una nueva compañía dedicada a desarrollo, fabricación, venta y servicio de este nuevo producto: Modicon, (su nombre se debe a Modular Digital Controller). Una de las personas quien trabajó en ese proyecto fue Dick Morley, quien es considerado como el padre del PLC. La marca Modicon fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por AEG; mas adelante fue adquirida por la compañía francesa Schneider Electric, quien sigue siendo el propietario.

Inicialmente el PLC fue diseñado para reemplazar los sistemas a base de relevadores. Esos autómatas fueron programados en “lógica de escalera”, que se parece mucho a un diagrama esquemático de la lógica de relé. Esta forma de programación fue elegida para reducir costos de entrenamiento para los técnicos, ya que era lo lógica de la que tenían experiencia y conocimiento. Los PLC modernos pueden ser programados en una variedad de formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como BASIC y C, o funciones de bloques de control. A principios y hasta mediados de 1980, se programaron con terminales propietarios, o terminales de propósito general, que tenía teclas dedicadas para las funciones que representan los diferentes elementos lógicos de los programas de PLC. Facilidades para la impresión y la documentación fueron muy mínimas, debido a la falta de capacidad de la memoria.

La funcionalidad de los PLC ha evolucionado a lo largo de los años para incluir un control de relés secuencial, control de movimiento y control de procesos. El manejo de datos, almacenamiento, velocidad de procesamiento y capacidad de comunicación de algunos autómatas ha ido en crecimiento acelerado.

La mayoría de los PLC han sido construidos para condiciones severas como el polvo, humedad, calor, frío, etc., y tienen la facilidad para soportar diferentes arreglos de entradas y salidas. A los PLC se pueden conectar sensores y actuadores, interruptores de límite, variables de proceso analógico como temperatura y presión, arrancar y parar motores y máquinas, accionar cilindros neumáticos e hidráulicos, relés magnéticos, solenoides, o salidas analógicas.

Los PLC en la actualidad son modulares y tienen un chasis (también llamados rack o backplane) en el que se colocan los módulos con diferentes funciones. El procesador y la selección de módulos I/O (entradas/salidas) son a medida para la aplicación particular. Varios chasises pueden ser administrados por un mismo procesador lo que le permite tener cientos de entradas y salidas. También tienen capacidad de tener módulos remotos de I/O lo que le permite reducir costos de cableado para plantas grandes.

Los programas de PLC son típicamente escritos en una aplicación especial en una computadora personal, luego se cargan por un cable de conexión directa o a través de una red al PLC. El programa se almacena en el PLC, ya sea en memoria RAM con respaldo de batería o algún otro tipo de memoria no volátil. A menudo un solo PLC puede ser programado para reemplazar miles de relés. Según el estándar IEC 61131-3, los PLC se pueden programar con las normas basadas en lenguajes de programación, y la cual define cinco lenguajes: FBD (diagrama de bloques de función), LD (Diagrama de escalera), ST (Texto estructurado, similar al lenguaje de programación Pascal), IL (lista de instrucciones, similar al lenguaje ensamblador) y SFC (carta de función secuencial).

Si bien los conceptos fundamentales de la programación de PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias de módulos de entradas y salidas en su direccionamiento, organización de la memoria y los conjuntos de instrucciones significa que los programas de PLC no son perfectamente

intercambiables entre los diferentes fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, los diferentes modelos pueden no ser directamente compatibles.

Los PLC en la actualidad pueden incluir control con retroalimentación utilizando el algoritmo PID (proporcional, integral y derivado), los cuales pueden ser utilizados para controlar la temperatura en un proceso de fabricación, o una presión o un flujo por ejemplo.

También posee diferentes módulos de comunicación, de los cuales se mencionaran a detalle posteriormente.

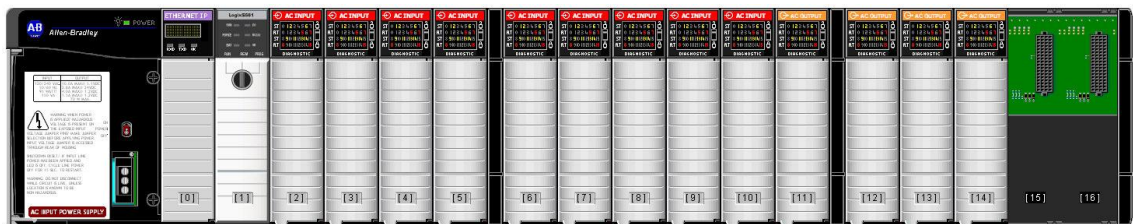
Dado las características mencionadas anteriormente, en la actualidad la frontera entre el DCS y el PLC se han vuelto menos clara.

### **2.5.1 Hardware**

Luego de hacer una evaluación detallada en la cual se consideraron las diferencias básicas entre un DCS y un PLC, y tomando en cuenta que en nuestra aplicación el nuevo controlador tuviese la capacidad de comunicarse abiertamente con el sistema de control distribuido para toda la planta generadora, el cual es de la marca NovaTech y uno de sus protocolos de comunicación es EtherNet/IP, adicionalmente se tomó en cuenta el hecho que en la parte de servicios auxiliares de la planta ya se cuenta con un mismo tipo de PLC y que por lo tanto no representa mayor inversión en partes de repuesto para bodega así como en nuevos programas de desarrollo, en conjunto con el departamento de ingeniería y proyectos se tomo la decisión final de adquirir un PLC ControlLogix, marca Allen Bradley de Rockwell Automation.

El PLC ControlLogix proporciona un control secuencial, de proceso, movimiento y manejo junto a un sistema de comunicación. Posee la capacidad de manejar módulos de I/O junto al mismo chasis del controlador. Tiene la ventaja de tener múltiples controladores en un simple chasis, y múltiples controladores unidos a través de redes de comunicación, y múltiples plataformas de I/O distribuidas en muchos puntos y conectados sobre múltiples I/O links, lo que lo hace un sistema flexible. Este PLC ControlLogix es parte de la familia Logix5000 de Allen Bradley y es disponible en diferentes combinaciones dependiendo del uso de memoria desde los 750 KB (modelo 1756-L55M12) hasta los 16 MB (modelo 1756-L64).

**Figura 2. PLC ControlLogix**



Posee diferentes tipos de módulos de comunicación como los EtherNet/IP, ControlNet, DeviceNet, DH+, Foundation Fieldbus, Profibus y Hart. También cuenta con módulos de I/O analógicos como de entrada de corriente y voltaje aislados y no aislados, módulos de entrada de corriente 2 hilos, entrada de RTD, entrada de Termocopla y mV, entrada y salida de corriente y voltaje, salida analógica aislada de corriente y salida aislada de voltaje. En cuanto a los módulos digitales se pueden mencionar los siguientes: Entrada de 79 -132 Vdc aislado y no aislado, entrada de 10-30 Vdc aislado y no aislado, entrada de 30-60 Vdc aislada y no aislado, salida de 74-265Vac aislado y no aislado, salida de 74-132 Vac con fusible, salida de 10-30Vdc con fusible, salida de 10-30 Vac, salida de relé normalmente abierto y normalmente cerrado de 10-265Vac y de 5-150 Vac.

En concreto lo que se instaló para desarrollar la aplicación es:

- 1 Procesador Control Logix L61 con 2 MB de Memoria
- 9 módulos de 32 entradas digitales
- 11 módulos de 16 salidas de relé
- 3 módulos de 6 entradas analógicas
- 1 módulo de 6 entradas de RTD
- 2 módulos de 8 salidas analógicas
- 1 modulo de 6 RTD
- 2 fuentes de voltaje dc, 12 voltios, 72 Watts
- 2 chasis de 17 slots

También se ha instalado una pantalla sensible al tacto, de cristal líquido, para el operador tipo PanelView Plus 1000, marca Allen Bradley la cual es alimentada de 18 a 30 Vdc ó 85 a 264 Vac, consumo de energía nominal de 40 Watts, dimensiones de 248 x 399 x 55 mm (alto x ancho x profundidad) es a colores y se pueden hacer mímicos, lo cual permite fácil compresión por parte del operador para interactuar con los componentes del sistema de control de la planta. Posee puertos de comunicación Ethernet y RS 232; cuenta con 32 teclas de función enumeradas de F1-F16 y de K1-K16

**Figura 3. Panel View Plus 1000**



### **2.5.2 Software**

Se han definido varios tipos de software para poner en marcha y operar la planta de tratamiento de agua, de los cuales puedo comentar los siguientes:

RSLogix5000 Professional + RSNetworks. Este es el software de desarrollo para programar la mayor parte de PLC marca Allen Bradley de Rockwell, como por ejemplo el ControlLogix, FlexLogix, CompactLogix, SoftLogix, DriveLogix, PLC5000, etc. Con este se puede desarrollar y probar cualquier tipo de proyecto. Crear tareas de eventos, configurar un controlador, producir y consumir información de un controlador a otro, compartir información, mensajes y alarmas.

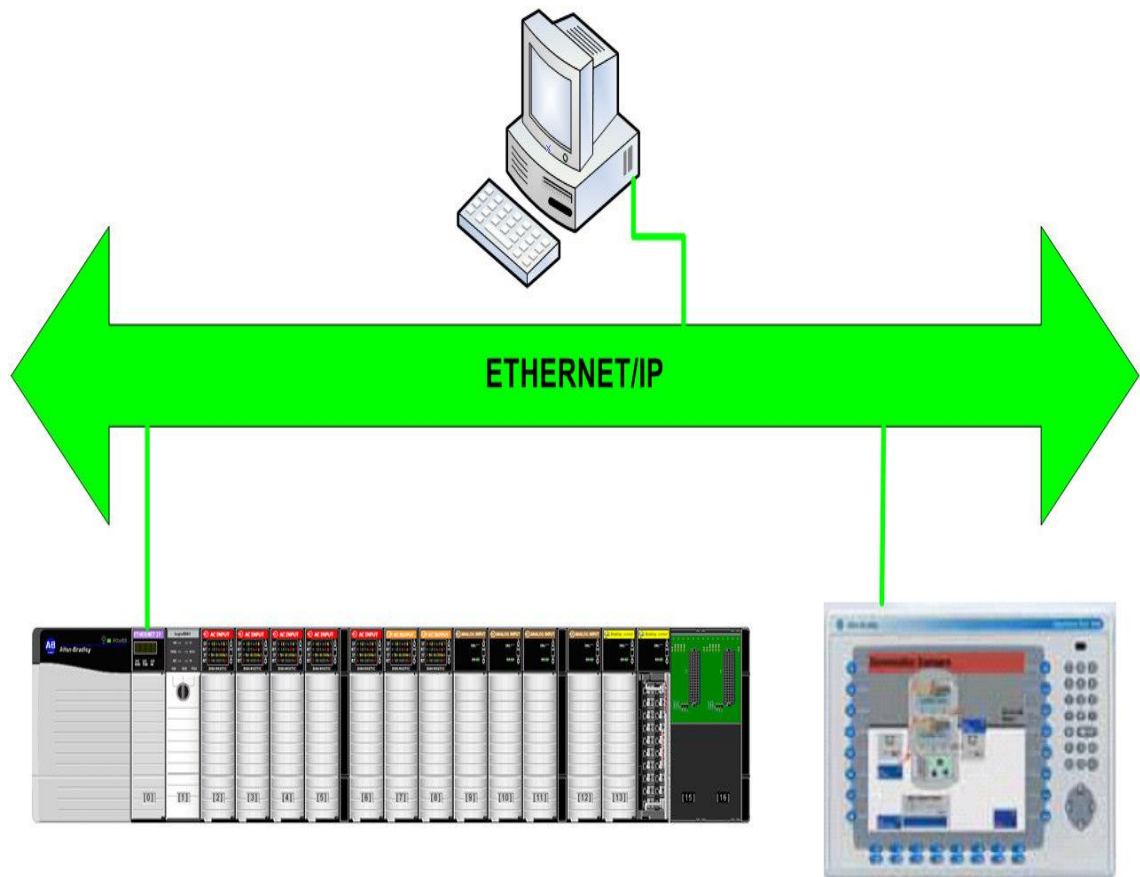
Factory Talk View SE: Este es un software utilizado para interfase hombre máquina, y opera en ambiente Windows. Este programa es desarrollado también por Rockwell Automation. Básicamente lo que

hacemos con él, es simular tanques, tuberías, válvulas, transmisores, analizadores, y en general todos los transmisores de campo y elementos finales de control. De esta forma el operador puede monitorear niveles, temperaturas, flujos, presión, e interactuar con los lazos de control para ajustar set points, y valores de disparo de alarma, abrir y cerrar alarmas de forma manual y automática, encender y parar bombas, etc. En otras palabras es el sistema supervisorio que permitirá controlar y monitorear la planta de tratamiento de agua.

TotalVision: Este es otro tipo de interfase humano máquina, de la empresa NovaTech el cual está siendo utilizado en nuestro sistema de control distribuido DCS, y es con el cual desde el cuarto de control de la planta las Palmas II, se podrá monitorear desde una distancia de aproximadamente 500 metros lo que sucede en la planta de tratamiento de agua. Es similar al Factory Talk View, excepto que es otra marca.

A continuación se presenta la arquitectura del sistema de control:

Figura 4. Arquitectura del sistema de control

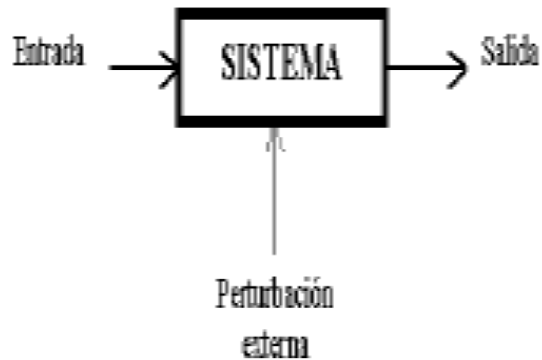


### 2.5.3 Lazos de control abiertos:

**Sistema:** es la combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo.



**Figura 5. Lazo de control abierto**



**Variable de entrada:** Es una variable del sistema tal que una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.

**Variable de salida:** es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.

**Perturbación:** es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

**Sistema de control** es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control.

**Sistemas de control en lazo abierto** son aquellos en los que la variable de salida (Variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).

Sus características básicas son:

- No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema.
- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.
- La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.
- En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.

El control en lazo abierto suele aparecer en dispositivos con control secuencial, en el que no hay una regulación de variables sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esa secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (timedrive). Se programa utilizando PLCs (controladores de lógica programable)

– Ejemplos:

- Lavadora: Funciona sobre una base de tiempos, la variable de salida “limpieza de la ropa” no afecta el funcionamiento de la lavadora.
- Semáforos de una ciudad: Funcionan sobre una base de tiempo y la variable de salida “estado del tráfico” no afecta el funcionamiento del sistema.

#### **2.5.4 Lazos de control cerrados:**

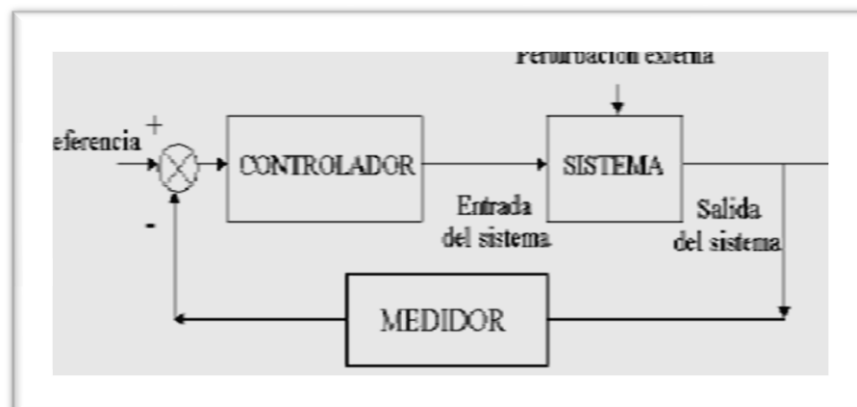
Sistema de control en lazo cerrado son aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la

acción de control (variable de control). En los sistemas de control de lazo cerrado con retroalimentación en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y el valor de la salida hacia el sistema.

Los elementos de un lazo de control son:

- – Sistema a controlar
- – Controlador
- – Actuador (puede incluirse en el sistema a controlar)
- – Medidor: sensor + transductor.

**Figura 6. Lazo de control cerrado.**



Los sistemas de control en lazo cerrado se pueden clasificar como:

Manuales: controlador operador humano

Automático: controlador dispositivo

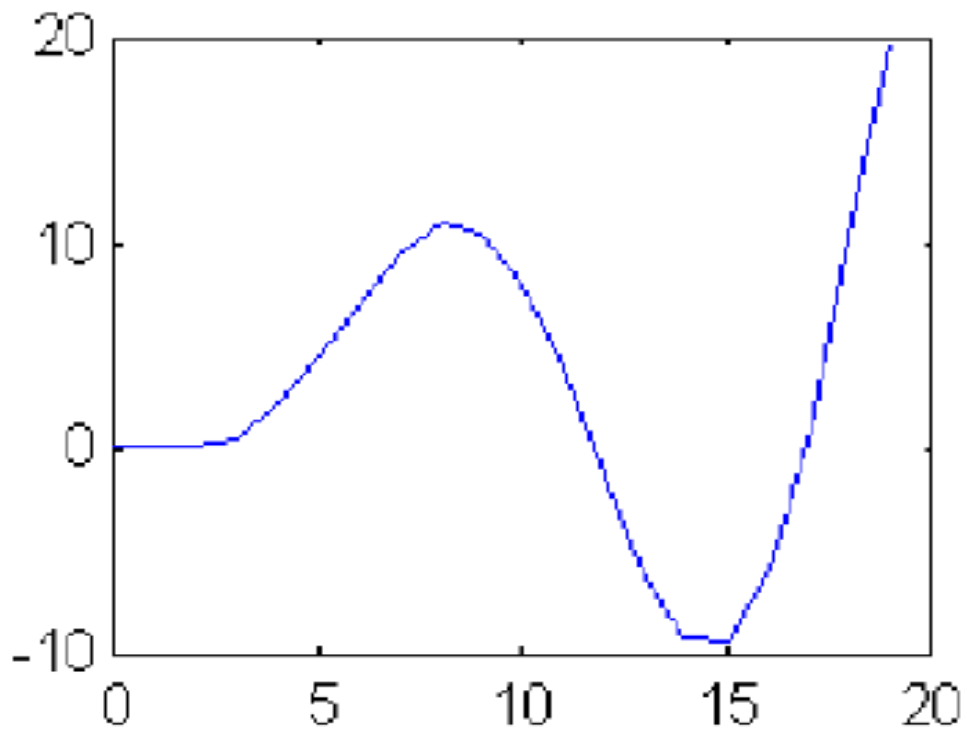
Neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o digital

Funciones de un lazo de control

- Medir el valor de la variable controlada (medida y transmisión).
- Detectar el error y generar una acción de control (decisión).
- Usar la acción de control para manipular alguna variable en el proceso de modo que tienda a reducir el error (manipulación).

Es importante señalar la ventaja del control en lazo cerrado frente al lazo abierto, la cual se puede resumir en que la respuesta del sistema se hace relativamente insensible a las perturbaciones externas y a variaciones internas de los parámetros del sistema. La desventaja del control en lazo cerrado es que aparece el problema de la estabilidad, ya que si el controlador no está bien ajustado puede tener tendencia a sobre corregir errores, que pueden llegar a producir en la salida del sistema de control oscilaciones de amplitud creciente que pueden llegar a hacer el sistema inestable.

**Figura 7. Curva de un sistema inestable**



Dentro de los sistemas de control de lazo cerrado podemos mencionar como parte importante el comportamiento de la señal de referencia, lo que hace que los mismos se clasifiquen como Sistemas Seguidores y Sistemas de regulación automática. Los sistemas seguidores la señal de referencia cambia de valor frecuentemente, pudiendo mencionar como ejemplo los servomecanismos que son sistemas de control realimentado en el cual la salida es alguna posición, velocidad o aceleración mecánica. Dentro de la planta de tratamiento de agua tenemos los posicionadores de algunas válvulas de control que son de tipo electro

neumático, y el PLC le envía una señal de referencia y el controla el paso de aire comprimido hasta que la válvula alcanza la posición de referencia.

En cuanto a los sistemas de regulación automática la entrada de referencia es o bien constante o bien varía lentamente con el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes, como por ejemplo dentro de la planta de tratamiento de agua tenemos el control de nivel del tanque de agua cruda, o el control de flujo de agua de retrolavado a los filtros de arena.

#### **2.5.5 Protocolos de comunicación:**

Existen hoy día muchos protocolos de comunicación para aplicaciones industriales y automatización de procesos. Dependiendo del fabricante del PLC o DCS así es el protocolo utilizado, sin embargo en la actualidad, la mayoría tiene capacidad de utilizar protocolos abiertos capaces de comunicar diferentes marcas y modelos de equipos. Entre ellos podemos mencionar el Ethernet TCP/IP, Modbus Plus, Modbus RTU, Modbus TCP/IP, DNP3, ControlNet, DeviceNET, Peer to Peer, Modicon, DH+, Foundation Fieldbus, Profibus DP, Profibus PA, HART, DH 485, Remote I/O, EtherNet/IP, etc. A continuación se presenta una tabla con los principales protocolos:

**Tabla I. Protocolos de comunicación**

<b>Serial</b>	<b>Ethernet</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Red</b>	<b>Estándares</b>
Modbus-RTU	Modbus-TCP	TCP/IP		IEC 61158 y IEC 61784
Profibus	PROFINET IO	Isochronous real time protocol (IRT), Real time protocol (RT), Real time over UDP protocol (RTU)	Switches, router y wireless, desde 100 Mbit/s hasta 1 Gbit/s	IEC 61158 y IEC 61784
DeviceNet (CIP); ControlNet (CIP)	Ethernet/IP (CIP)	TCP/IP; UDP/IP	Switches, router and wireless, desde 100 Mbit/s hasta 1 Gbit/s	IEC 61158 y IEC 61784; ODVA EtherNet/IP standard
Foundation Fieldbus H1	Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)			
CANopen	Ethernet Powerlink		Ethernet 100Mbit/s	por EPSG (Ethernet Powerlink Standardization Group)
CANopen	EtherCAT	EtherCAT, EtherCAT/UDP	Ethernet 100Mbit/s	IEC 61158, IEC/PAS 62407, IEC 61784-3, ISO 15745-4
	VARAN Versatile Automation Random Access Network	VARAN, TCP/IP, Safety	Ethernet 100Mbit/s	VARAN-BUS USER GROUP - VNO
SERCOS I / II	SERCOS III		Ethernet 100Mbit/s	IEC 61491, IEC 61158
	FL-Net (OPCN-2)	UDP/IP	Ethernet 10Mbit/s	by JEMA (Japan Electrical Manufacturers' Association)

En la planta en construcción el DCS que está siendo instalado es el D/3System de NovaTech y en los servicios auxiliares se están instalando PLC's marca Allen Bradley y la comunicación entre ellos es el EtherNet/IP. Para reducir costos de licencias por protocolos de comunicación y también para estandarizar la red, se decidió utilizar el EtherNet/IP

El EtherNet/IP (Ethernet Industrial Protocol) es un protocolo de comunicación abierto desarrollado en los años 1990's por parte de Rockwell Automation, y diseñado para uso en procesos de control y otras aplicaciones de automatización industrial. EtherNet/IP puede ser fácilmente confundido con una combinación de Ethernet (la capa física, enlace, o el medio utilizado en la mayoría de oficinas y muchos entornos de red industriales) y el protocolo de Internet. EtherNet/IP es una aplicación industrial física operando sobre el medio de Ethernet y usado para comunicaciones entre los sistemas de control industriales y sus componentes, como controladores lógicos programables (PLC) o DCS. Es uno de los protocolos más comúnmente usados en automatización, como por ejemplo en plantas de tratamiento de agua, industrias de manufactura de bebidas y alimentos, generadoras de energía eléctrica, etc. Adicionalmente a Allen Bradley, otros fabricantes y vendedores de sistemas de control, incluyendo Phoenix Contact, WAGO Corporation, han desarrollado PLC y sistemas I/O capaces de comunicarse vía EtherNet/IP.

El EtherNet/IP es un protocolo basado en el estándar Common Industrial Protocol (CIP), usado tanto en DeviceNet como ControlNet, siendo ahora una tecnología abierta.





### **3. PLAN DE CONTINGENCIA**

La seguridad industrial es importante en cualquier tipo de industria, sea esta de generación de energía eléctrica, de alimentos, bebidas, cemento, vidrio, plástico, metalurgia, etc., y de esta cuenta fue necesario desarrollar un plan de contingencia para la planta de tratamiento de agua.

#### **3.1 Aspectos legales**

El plan de contingencia fue realizado en base a lo que indica el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, Dirección General de Previsión Social, Departamento de Higiene y Seguridad Ocupacional, de Guatemala, C.A., en su Reglamento General sobre higiene y seguridad en el trabajo. Se tomó en cuenta las disposiciones generales y las obligaciones de los patronos y trabajadores, las condiciones generales de locales y ambientes de trabajo, y los equipos de protección que deben usarse. En base a lo anterior se desarrollo el plan de contingencia.

#### **3.2 Antecedentes:**

Duke Energy International Guatemala es una empresa cuya política corporativa da prioridad al medio ambiente, salud y seguridad. Cuenta con planes de contingencia ante sismos, incendios y accidentes laborales para cada una de sus unidades. Al hacer la comparación entre los requerimientos básicos que el Ministerio de Trabajo y Previsión Social requiere, resulta que cumple y excede los mismos.

### **3.3 Plan de contingencia ante sismos, incendios y accidentes laborales**

#### **3.3.1 Objetivo**

- Organizar la información necesaria para responder durante una emergencia (lista de contactos internos y externos, procedimientos de respuesta específicos a cada emergencia, etc.).
- Proporcionar los lineamientos básicos para dirigir la respuesta inmediata del personal de la planta para responder apropiadamente a cada emergencia.

#### **3.3.2 Alcance del plan**

**Aplica a las instalaciones de la planta de tratamiento de agua de planta generadora Las Palmas I.**

##### **3.3.2.1 Descripción de la instalación**

Nombre de la Instalación:	Planta de tratamiento de agua en planta Las Palmas I
Ubicación:	Escuintla, Guatemala
Dirección:	Km 61.5 antigua carretera al Puerto de San José, Escuintla, Guatemala
Capacidad de Operación:	350 GPM de agua cruda
Topografía General:	Valle cerca de la costa
Dirección del flujo de agua:	Norte a Sur
Cuerpo de agua más cercano:	Océano Pacífico, Puerto de San José, Escuintla, a una distancia de 35 km de la planta.

### **3.3.3 Abreviaturas**

ERE Equipo de respuesta a emergencias

RCP Resucitación cardio pulmonar

### **3.3.4 Procedimientos generales durante emergencias**

- Mantener la calma.
- Evacuar el área
- Comunicar a cualquier miembro ERE o supervisor o jefe inmediato
- Seguir las instrucciones del líder del ERE o supervisor de jefe inmediato

#### **3.3.4.1 Notificaciones Internas**

Las notificaciones internas se realizarán siguiendo el orden establecido en el manual de comunicación de emergencia en DEI Guatemala planta Las Palmas.

#### **3.3.4.2 Evacuación**

##### **3.3.4.2.1 Motivos de evacuación**

- Por una amenaza de bomba o acto violento contra la instalación.
- Por que se presente uno de los incidentes que activen el plan integrado de emergencia.
- Anticipación a la ocurrencia de un incidente.

### **3.3.4.2.2 Responsabilidades**

#### **Gerente de planta o líder de equipo de respuesta a emergencias**

- Informar a los responsables de guiar la evacuación y proceder con el procedimiento establecido para tal fin.
- Informar al equipo de respuesta a emergencia de la planta si es necesario iniciar operaciones de rescate.
- Recomendar la evacuación de residencias, industrias cercanas, autoridades locales cuando sea necesario.

#### **Operador**

- Tomar el radio que tienen bajo su responsabilidad y coordinar la evacuación del personal de la planta de tratamiento de agua y guiar a las personas que se encuentren en el punto de reunión.
- Verificar con la ayuda del resto del personal que todo el personal Duke Energy, contratista y visitante se encuentre en las puertas de salida de la instalación.

### **3.3.4.2.3 Procedimientos de evacuación**

La evacuación de la planta deberá realizarse de la siguiente manera:

- Los empleados de la planta, contratistas y visitantes deberán caminar rápida y ordenadamente al punto de reunión. En caso de Incendios, deberán caminar todo el tiempo en contra de la dirección del viento si es posible, guiándose por las columnas de humo o vapor de la planta.
- El operador guiará al personal a la puerta de salida más cercana y apropiada. Con la ayuda del resto de personal, verificarán que el personal que se encuentre en la puerta de

ingreso coincida exactamente con las listas de control de ingreso que se encuentran en la garita de control.

- Al terminar el conteo el operador deberá informar si hay empleados, contratistas o visitantes que no han salido de la planta, al líder de ERE.
- Todo el personal no esencial deberá salir de la planta y no deberá de ingresar a las instalaciones hasta que el gerente de la planta o líder del ERE den la orden que es seguro hacerlo.
- La evacuación, anticipándose a un incidente o debido a una alerta de emergencia de clima severo o huracán, será realizada siguiendo las instrucciones específicas del gerente de plantas o líder del ERE, quienes tomaran las medidas necesarias para el transporte seguro del personal y la continua operación de la planta, cuando el paro de la misma, afecte críticamente el suministro nacional.

### **3.3.4.3 Rescate de lesionados**

Las personas que resulten lesionadas en la planta deben recibir una respuesta inmediata. Los procedimientos de rescate deben ser seguidos solo por personal entrenado apropiadamente. (Espacios confinados, RCP, etc.). Todas las notificaciones internas o externas deberán seguir los procedimientos establecidos.

#### **3.3.4.3.1 Respuesta inicial**

- Personal entrenado debe dar primeros auxilios y/o RCP, cuando sea apropiado, hasta que los equipos de asistencia médica lleguen al lugar del incidente.
- No mover a la persona lesionada a menos que se encuentre ante un inminente peligro.

- Inmediatamente notificar al supervisor de turno o al operador del cuarto de control quien deberá notificar en el siguiente orden, gerente de la planta, líder de ERE, supervisor de EHS.

#### **3.3.4.3.2 Responsabilidades**

##### **Gerente de plantas o líder del ERE**

- Asegurarse de que el tratamiento médico apropiado ha sido solicitado para atender a la emergencia y la persona lesionada está recibiendo el tratamiento adecuado.
- Realizar las notificaciones al director de operación o presidente de la región.
- Contactar a los miembros de la familia del lesionado.
- Reportar fatalidades y otras lesiones reportables al departamento de policía local y otros lugares donde corresponda.
- Asegurar que se realice una investigación y se implementen las acciones de no recurrencia (registrar un evento en el sistema de acciones correctivas y preventivas).

##### **Respuesta de los empleados**

- Todo el personal no esencial permanecerá a distancia de la escena del incidente, para facilitar la atención a la persona lesionada, evitar que se pierdan evidencias para la investigación, o se expongan al contacto con sustancias químicas o contaminantes.
- No contactar a los miembros de la familia de la persona fallecida o lesionada, esperar que lo haga el representante de DEI encargado de esa responsabilidad.

### **Supervisor de EHS**

- Iniciar de inmediato la recopilación de las evidencias para contribuir a establecer las causas raíces del incidente.
- Hacer los reportes correspondientes.

#### **3.3.4.4 Paro de planta**

En caso de ser necesario un paro de planta dentro de la emergencia este será ordenado por el supervisor de turno y seguirá el procedimiento correspondiente a un paro normal si las condiciones lo permiten. En caso de que la emergencia pueda agravarse por estar la planta en operación deberá dispararse la misma a través del disparo de emergencia y luego proceder a dejar fuera de operación los servicios auxiliares.

#### **3.3.4.5 Orden y Limpieza**

Al completar las actividades de respuesta y de remediación, el líder de ERE, o el suplente es responsable por el equipo de limpieza y de darse el caso del control efectivo y seguro del agua o la tierra contaminada. Se deben tener las siguientes consideraciones al momento de establecer el plan de orden y limpieza:

- El equipo gastado en el sitio, guantes, overoles, respiradores, toneles de 55 galones, y otros contenedores deben ser preparados y programados para su desecho.



- Descontaminar a fondo palas, escobas, mangueras, bombas y otros equipos de respuesta, usando soluciones apropiadas de limpieza.
- Limpiar y descontaminar las excavaciones, vehículos tales como camiones, usando limpiadores apropiados y agua.
- Tomar el cuidado de recolectar toda el agua utilizada para una adicional evaluación.
- Una vez que el equipo esté limpio, el líder ERE inspeccionará todo el equipo para asegurarse que esté trabajando en condiciones apropiadas.
- Almacenar los líquidos contaminados y desechos de la siguiente manera:
  - ✓ Recolectar los líquidos de limpieza y de lavado y colocarlos en depósitos.
  - ✓ Analizar los líquidos para determinar si estos están contaminados.
  - ✓ Etiquetar apropiadamente los depósitos que contengan desechos peligrosos (Incluyendo equipo de protección y de lavado contaminado) y almacenarlos en el lugar de almacenamiento de desechos de la planta.
  - ✓ Las cantidades grandes de tierra contaminada con combustible o químicos pueden ser almacenadas cubriéndolas con plástico hasta que puedan ser tratadas en un lugar permanentemente.
  - ✓ Realizar las pruebas apropiadas para disponer de la tierra contaminada con sustancias peligrosas de acuerdo con las regulaciones aplicables.

### **3.3.4.6 Comunicaciones externas**

#### **3.3.4.6.1 Notificaciones externas**

El gerente regional de EHS, es el responsable de reportar los incidentes que se presenten en la instalación, incluyendo incendios, incidentes con lesiones, derrames de productos derivados del petróleo, aceite o sustancias peligrosas a las instituciones de gobiernos que corresponda.

El supervisor de EHS lo asistirá en este esfuerzo. Buscar nombres, direcciones y números de teléfonos.

El gerente regional de EHS es el responsable de proveer por escrito las siguientes notificaciones a las autoridades. Cuando sea requerido, proveer un reporte por escrito conteniendo la siguiente información:

- Nombre, dirección y número de teléfono de la Planta
- Fecha, hora y tipo de incidente.
- Tipo de Incidente y la cantidad de la sustancia derramada
- Causa del Incidente
- Si hubieron personas lesionadas
- Una evaluación de los peligros a la salud y al medio ambiente
- Una estimación de la cantidad y disposición de los materiales recuperados del incidente
- Las acciones tomadas incluyendo reparaciones
- Medidas tomadas para evitar que el incidente vuelva a ocurrir.
- Una lista de las industrias localizadas a un radio de 5 kilómetros y la información de los contactos suministrados

El líder del ERE o el gerente de la planta pueden informar a industrias o comunidad vecina la ocurrencia de un incidente en las siguientes situaciones:

- Si hay un derrame de una sustancia peligrosa o aceite dentro de o cerca del agua.
- Si hay un derrame o fuego, el cual es de gran importancia e interfiere con la operación con las industrias vecinas.
- Si un derrame puede poner en peligro a los empleados de las industrias vecinas.

### **3.3.5 Planes de emergencia**

#### **3.3.5.1 Emergencia de incendio**

##### **3.3.5.1.1 Datos generales**

El Departamento de EHS ha evaluado todas las áreas que se constituyen en un peligro potencial de incendio en la planta siendo estas las siguientes:

- Cuarto de centro de control de motores
- Cuartos eléctricos de bajo voltaje
- Área de tanques
- Taller de mantenimiento

El manejo apropiado y los procedimientos de almacenamiento están en el lugar para asegurar que las chispas y otros potenciales peligros esta limitados. El equipo contra incendios está localizado unos puntos estratégicos dentro de la planta, diferentes tipos y cantidades para ser dirigidos a puntos potenciales de fuego.

### 3.3.5.1.2 Definiciones

- **Fuego:** Inicio de la combustión de un material en la que una sola persona puede realizar la labor de mitigación
- **Incendio:** Combustión de material en la que es necesario realizar las labores de mitigación a través de la activación del plan de respuesta en caso de incendio.
- **Brigada contra incendios:** La conformación de un equipo formado por personal de operaciones y mantenimiento con el propósito de mitigar un incendio.
- **Puesto de comando:** Lugar donde se realiza la planificación del incidente
- **Líder de respuesta a emergencia:** Es el responsable de dirigir todas las acciones correspondientes al plan integrado de respuesta a emergencias.
- **Comandante de incidente:** Es el encargado de dirigir las operaciones contra incendios en el lugar del incidente.

### 3.3.5.1.3 Descripción de la emergencia

Todo aquel incidente de incendio que se presente dentro de las instalaciones de la planta, en el que se active el plan de integrado de respuesta de incendio de las diferentes áreas de la planta y con los diferentes tipos de combustible que se manejan y se utilizan en la operación.

**Tabla II. Tipos de incendio**

<b>Tipo de incendio</b>	<b>Materiales</b>	<b>Ubicación</b>
<b>Tipo “A”</b>	Madera de embalaje de repuestos, grama y hojas secas, trapos aceitosos, ropa de paca	Área de almacenamiento de desechos, bodega de materiales y áreas de limpieza.
<b>Tipo “B”</b>	Líquidos combustibles: diesel, bunker, orimulsión, lodos aceitosos y químicos de limpieza base solvente.	Área de tanques, cuarto de motores, casa de separadoras, cuarto de caldera auxiliar, rack de carga y descarga de combustible, carga de lodos, bodega de químicos y área de taller
<b>Tipo “C”</b>	Paneles eléctricos, cableado, generadores, motores eléctricos y transformadores.	Cuartos eléctricos, cuarto de motores, casa de separadoras, cuarto de caldera auxiliar.

#### **3.3.5.1.4 Responsabilidades y acciones**

##### **3.3.5.1.4.1 Persona que descubre el acto inicial de la emergencia**

Trata de sofocar el fuego si considera que lo puede combatir con un extintor.

Informa al cuarto de control sobre el lugar, tipo de incendio y magnitud del mismo.

Espera en el lugar si es seguro, y está atento a recibir instrucciones del comandante del incidente.

Mantiene informado al cuarto de control sobre el desarrollo del mismo hasta recibir instrucciones.

#### **3.3.5.1.4.2 Operador**

- a) Da los avisos de emergencia y establece el nivel de alarma según la tabla de alarmas.
- b) Toma el control de la operación
- c) Proporciona información de la operación

#### **3.3.5.1.4.3 Líder de equipo de respuesta a la emergencia**

- a) Nombra un comandante del incidente: supervisor de turno o supervisor eléctrico.
- b) Establece un puesto de comando: Sala de conferencias del edificio de oficinas.
- c) Se dirige al lugar del incendio para evaluar la situación y establece el nivel de alarma apropiado de acuerdo a la tabla de alarmas de incendio
- d) Coordina las operaciones de la emergencia desde el lugar del incidente.
- e) Ordena la evacuación del personal contratista en el nivel de alarma amarillo en el caso del personal contratista que se encuentra cercano al área del fuego, de todo el personal contratistas en la alerta naranja y rojo.

#### **3.3.5.1.4.4 Supervisor de turno**

##### **En horario de 08:00 a 16:30 horas**

- a) Asegura las áreas al incendio
- b) Coordina la evacuación del personal contratista según la tabla de alarmas
- c) Asume la función de comandante del incidente.
- d) Ordena la activación de la brigada contra incendios

- e) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.
- f) Operadores
  - **Cuarto de motores** permanecer alerta a un paro de planta.
  - **Patio:** Dirigirse al área de la bomba contra incendios y monitorear su funcionamiento para asegurar su operación, así mismo el nivel del tanque contra incendios y del nivel de diesel de la bomba de combustión.

#### **En horario de 16:30 a 08:00 horas**

- a) Establece el nivel de alarma según la tabla de alarmas.
- b) Asegura las áreas alrededor incendio
- c) Coordina la evacuación del personal contratista de las áreas de operación según el nivel de alarma establecido
- d) Asume la función de líder del ERE, mientras este acude a la planta.
- e) Designa a un operador para que realice la función de comandante del incidente.
- f) Ordena la activación de la brigada contra incendios
- g) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.

#### **3.3.5.1.4.5 Gerente de plantas**

- a) Coordina las acciones desde el puesto de comando con el líder del ERE y el gerente de mantenimiento.

- b) Se comunica con el director de producción para informar del incidente y lo mantiene informado a través del teléfono satelital o celular.
- c) Toma la decisión de solicitar ayuda externa.
- d) Coordina con el responsable de la comunicación externa la información que ha de ser pública y con instituciones gubernamentales.
- e) Toma la decisión de declarar el incidente de emergencia en una crisis y activa el plan de manejo de crisis.

#### **3.3.5.1.4.6 Supervisores de mantenimiento**

##### a) Electricistas

- Dirigirse a al lugar del incidente y reportarse con el comandante del incidente para recibir instrucciones.
- Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.

##### b) Supervisor de mantenimiento mecánico

- Nombra a las personas de su equipo que se pondrán el traje para combatir incendios y participarán en la brigada contra incendios.
- Nombra al resto de las personas de su equipo de su equipo para que movilicen al área y transporten las mangueras a un lugar cercano al lugar del incidente para ponerlas a disposición de la brigada contra incendios.
- Dirigirse a al lugar del incidente y reportarse con el comandante del incidente para recibir instrucciones.
- Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.

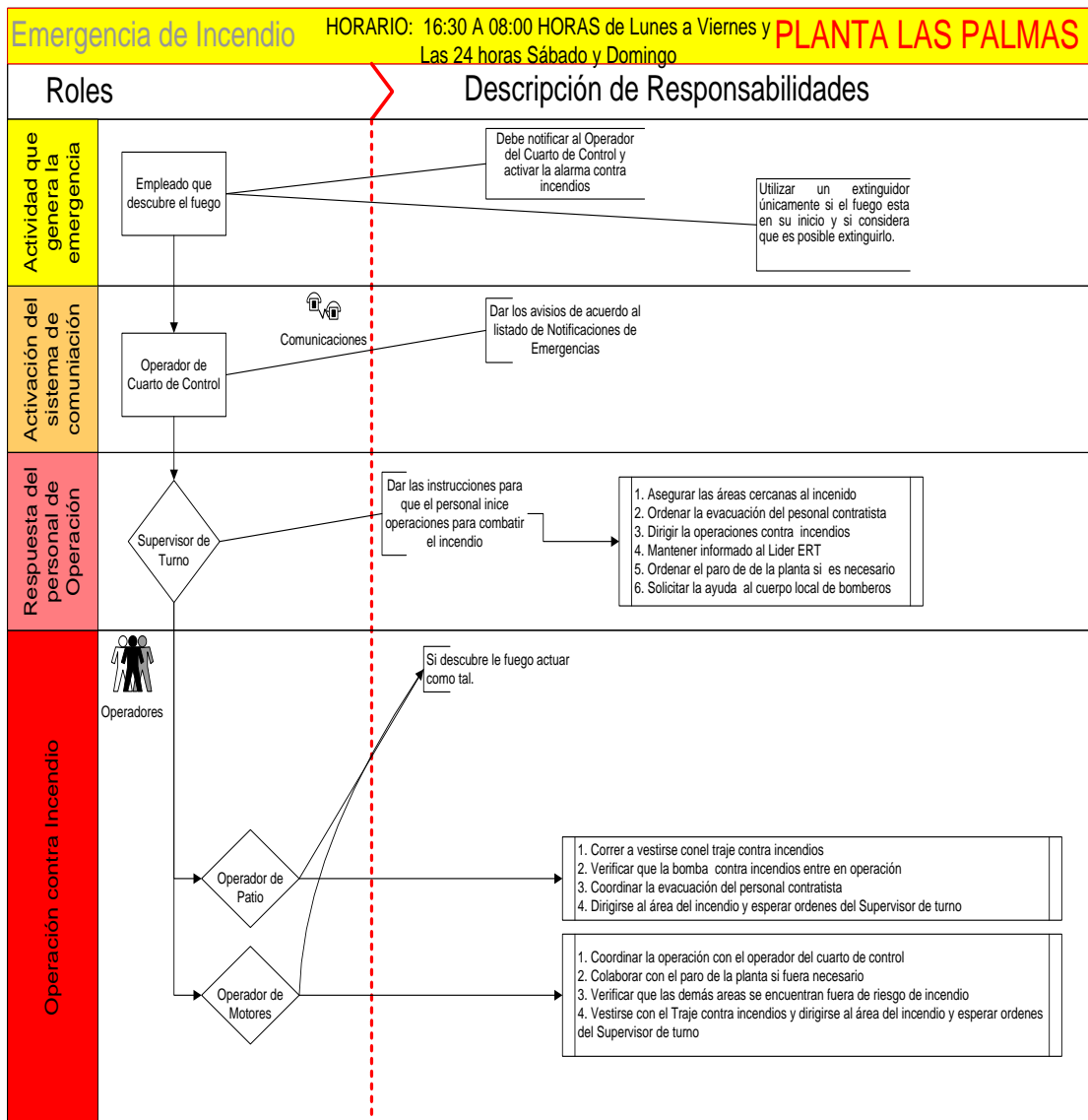


#### **3.3.5.1.4.7 Supervisor de EHS**

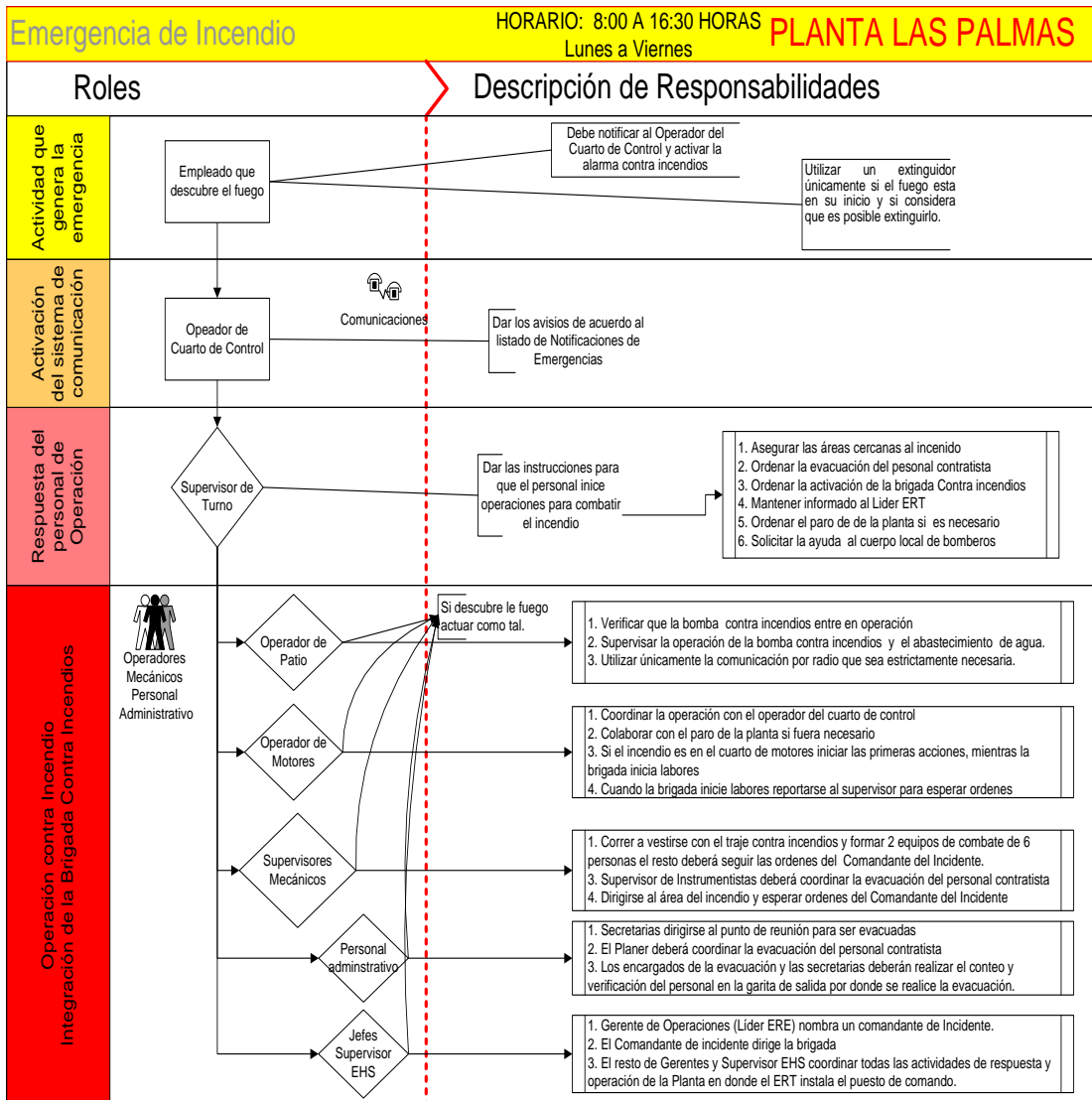
- Verificar que las operaciones se estén realizando con seguridad.
- Coordina el abastecimiento de hidratación.
- Asesora al líder del ERE y al comandante del incidente.
- Sustituye al líder del ERE en caso de ausencia de este.
- Coordina el control de los efluentes de la planta
- Coordina el traslado de los heridos

### 3.3.5.1.5 Esquema de responsabilidades

Tabla III. Esquema de responsabilidades por incendio, parte I



**Tabla IV. Esquema de responsabilidades por incendio, parte II**



### 3.3.5.1.6 Alarmas

En caso de incendio la alarma contra incendios se podrá activar manual o automáticamente y en cualquiera de los casos deberá funcionar repetidamente durante 2 minutos, considerando que nos debemos asegurar que todo el personal deba enterarse que se ha iniciado un incidente de incendio.

**Tabla V. Señales de alarma por incendio**

<b>INCENDIO</b>			
<b>Emergencia</b>	<b>Evacuación</b>	<b>Comunicación por:</b>	<b>Señal</b>
Operación normal	No hay evacuación	Radio, teléfono y comunicación verbal directa.	Blanco operación normal
Fuego incipiente	No hay evacuación	Alarma contra incendios, radio, teléfono y comunicación verbal directa	Alerta amarilla, fuego que es controlado rápidamente en el que se mantendrá la alerta hasta garantizar que no se volverá a reiniciar.
Fuego	No hay Evacuación	Alarma contra incendios, radio, teléfono y comunicación verbal directa	Alerta naranja, fuego tarda unos minutos en ser controlado sin la intervención de la brigada contra incendios y se mantendrá la alerta hasta garantizar que no se volverá a reiniciar.
Incendio	Evacuación de todo el personal no indispensable	Alarma contra incendios, radio, teléfono y comunicación verbal directa	Alerta roja, fuego que puede prolongarse o no en el tiempo pero es necesario activar la brigada contra incendios y se mantendrá la alerta hasta garantizar que no se volverá a reiniciar.

### **3.3.5.1.7 Equipos de protección personal**

Equipo de protección personal contra incendios personal al frente de las líneas de ataque:

- Monja de Nomex para protección del pelo y la cara
- Casco con careta protectora
- Casaca de Nomex
- Guantes de cuero
- Pantalón de Nomex
- Botas de hule contra incendio
- Equipo de protección respiratoria, para humo en áreas abiertas.
- Equipo de protección respiratoria de auto contenido para áreas cerradas o de gran concentración de humos o vapores tóxicos.

Equipo de protección personal del personal de soporte a las líneas de ataque:

- Casco
- Lentes de seguridad
- Uniforme de trabajo con manga larga
- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad
- Equipo de protección respiratoria, para humo en áreas abiertas.
- Equipo de protección respiratoria de auto contenido para áreas cerradas o de gran concentración de humos o vapores tóxicos.

### **3.3.5.2 Emergencia de derrame**

#### **3.3.5.2.1 Datos generales**

Diques y protección de suelos en la planta

Ha sido provisto de diques de contención donde hay una posible amenaza de derrame de sustancias peligrosas. Los depósitos de almacenamiento mantienen sus válvulas de drenaje cerradas

y bloqueadas. Si el área de contención puede ser excedida por el agua de lluvia de una tormenta o derrame, estas deben ser cubiertas con sistemas extras de contención temporal hasta que haya sido ampliada la contención permanentemente.

#### Tanques

Todas las sustancias peligrosas y los tanques de almacenamiento están fabricados con materiales compatibles con lo que contienen. No hay sustancias almacenadas que sean incompatibles con los materiales de los tanques. Los tanques están diseñados de acuerdo a los criterios y normas API y su diseño contempla evitar la corrosión interna y picaduras alrededor del tanque. Los tanques están equipados con indicadores de nivel que durante la operación son monitoreados constantemente.

Cada tanque esta rotulado con el contenido y con la designación de peligro de la NFPA. Todos los tanques son inspeccionados por el personal del departamento de operaciones para verificar si hay fugas como parte de los procedimientos normales de operación. Cualquier defecto deberá ser reparado tan pronto como sea posible.

#### Depósitos y Contenedores

Todos los depósitos están etiquetados con los datos de su contenido, cerrados cuando no están en uso y las hojas de datos de seguridad (MSDS) se encuentran accesibles al personal. Apropiado aterrizado y control de las fuentes de ignición son empleados cuando se transfieren materiales inflamables. Los materiales que no son compatibles están separados para evitar que estos tengan contacto.

### **3.3.5.2.2 Definiciones**

- **Material Contaminante:** Todo aquel material que al caer o salirse de su medio de almacenamiento puede contaminar el suelo, agua o ser un peligro inminente a la salud y seguridad de las personas.
- **Derrame dentro de contención:** Todo material que para el propósito de evitar contaminación tiene sistema de contención y que cuando se derrama de su almacenamiento normal queda contenido dentro su sistema.
- **Derrame al suelo:** Todo material que cae, sale fuera o fuga de su sistema de contención que potencialmente puede contaminar la tierra.
- **Derrame al agua:** Todo material que cae, sale fuera o fuga de su sistema de contención que potencialmente puede contaminar el agua.
- **Emergencia de derrame:** Aquel derrame cuyas proporciones puede causar o causa contaminación del suelo o agua fuera del área de la planta.

#### **3.3.5.2.3 Descripción de la Emergencia**

Debido a la variedad y volumen químicos que se manejan en la planta de tratamiento de agua existe la probabilidad que se presente un derrame.

La emergencia puede ser de contaminación de suelos y mantos de agua como pozos domésticos, ríos y mar, lo que hace que ésta demande una respuesta efectiva que la controle, mitigue y remedie rápidamente.

**Tabla VI. Tipos de derrames**

<b>Tipo de Derrames</b>	<b>Materiales</b>	<b>Ubicación</b>
<b>Contaminación de Suelos</b>	Químicos	Área de tanques
<b>Contaminación de Agua</b>	Químicos de limpieza base solvente. Soda cáustica y ácidos	Agua de lluvia en área de tanques, efluentes de Planta, pozos domésticos,

#### **3.3.5.2.4 Responsabilidades y acciones**

##### **3.3.5.2.4.1 Persona que descubre el acto inicial de la emergencia**

- a) Informa sobre el lugar y tipo de sustancia derramada
- b) Trata de contener el derrame
- c) Asegura el área controlando las fuentes de ignición

##### **3.3.5.2.4.2 Operador**

- a) Da los avisos de emergencia
- b) Toma el control de la operación
- c) Proporciona información de la operación

##### **3.3.5.2.4.3 Líder de equipo de respuesta a la emergencia**

- a) Nombra un comandante del incidente: Supervisor de turno o supervisor mecánico
- b) Establece un puesto de comando: Lugar fuera de este sitio



- c) Se dirige al lugar del derrame para evaluar la situación
- d) Coordina las operaciones de la emergencia desde el lugar del incidente.
- e) Ordena la evacuación del personal contratista si fuera necesario.
- f) Coordina la solicitud de servicio de una compañía que trabaje en el control de derrames.

#### **3.3.5.2.4.4 Supervisor de Turno**

##### **En horario de 08:00 a 16:30 horas**

- a) Asegura las áreas del derrame
- b) Coordina la evacuación del personal contratista de las áreas de operación si es necesario
- c) Asume la función de comandante del incidente, si se le ordena.
- d) Ordena la activación de la contención y recuperación.
- e) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.

##### **En horario de 16:30 a 08:00 horas**

- a) Asegura las áreas del derrame
- b) Coordina la evacuación del personal contratista de las áreas de operación si es necesario.
- c) Asume la función de líder del ERE, mientras este acude a la planta.
- d) Designa a un operador para que realice la función de comandante del incidente.
- e) Ordena la activación de la contención y recuperación.
- f) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.

#### **3.3.5.2.4.5 Gerente de planta**

- a) Coordina las acciones desde el puesto de comando con el líder del ERE y el gerente de mantenimiento. mantiene informado a través del teléfono satelital o celular.
- b) Toma la decisión de solicitar ayuda externa.
- c) Coordina con el responsable de la comunicación externa la información que ha de ser pública y con instituciones gubernamentales.
- d) Toma la decisión de declarar el incidente de emergencia en una crisis y activa el plan de manejo de crisis.

#### **3.3.5.2.4.6 Oficiales de seguridad física de la planta**

- a) Seguir las instrucciones correspondientes al nivel 2 de protección del procedimiento de seguridad física de plantas.

#### **3.3.5.2.4.7 Supervisores de mantenimiento**

- a) Electricistas
  - Dirigirse al lugar del incidente y reportarse con el comandante del incidente para recibir instrucciones.
  - Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.
- b) Supervisor de mantenimiento mecánico
  - Nombra a las personas de su equipo que colaboraran en las tareas de contención y recuperación.
  - Dirigirse a al lugar del incidente y reportarse con el comandante del incidente para recibir instrucciones.

- Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.

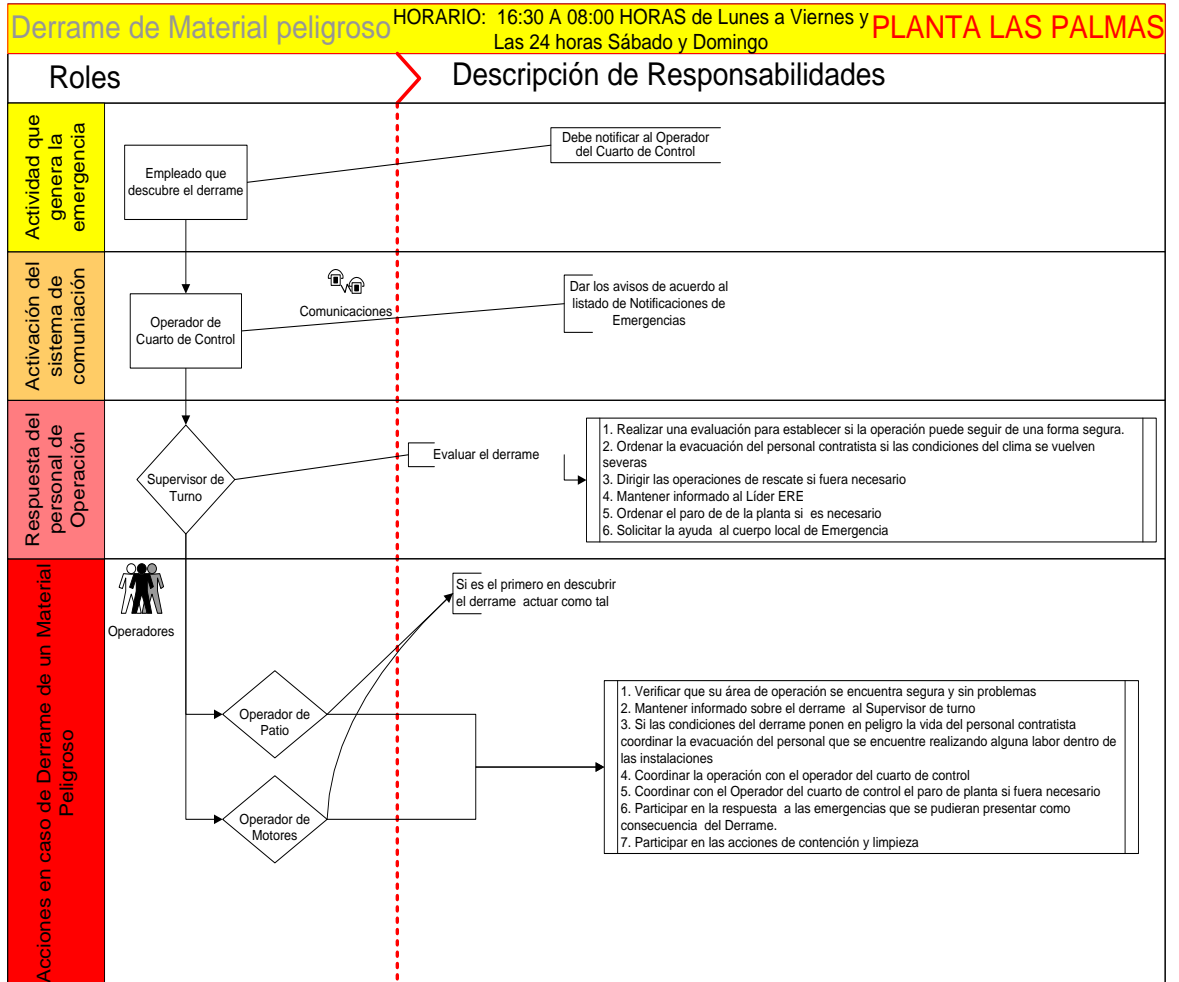
#### 3.3.5.2.4.8 Supervisor de EHS

- Verificar que las operaciones se estén realizando con seguridad.
- Coordina el abastecimiento de hidratación.
- Asesora al líder del ERE y al comandante del incidente.
- Sustituye al líder del ERE en caso de ausencia de este.
- Coordina el control de los efluentes de la planta
- Coordina el traslado de los heridos.

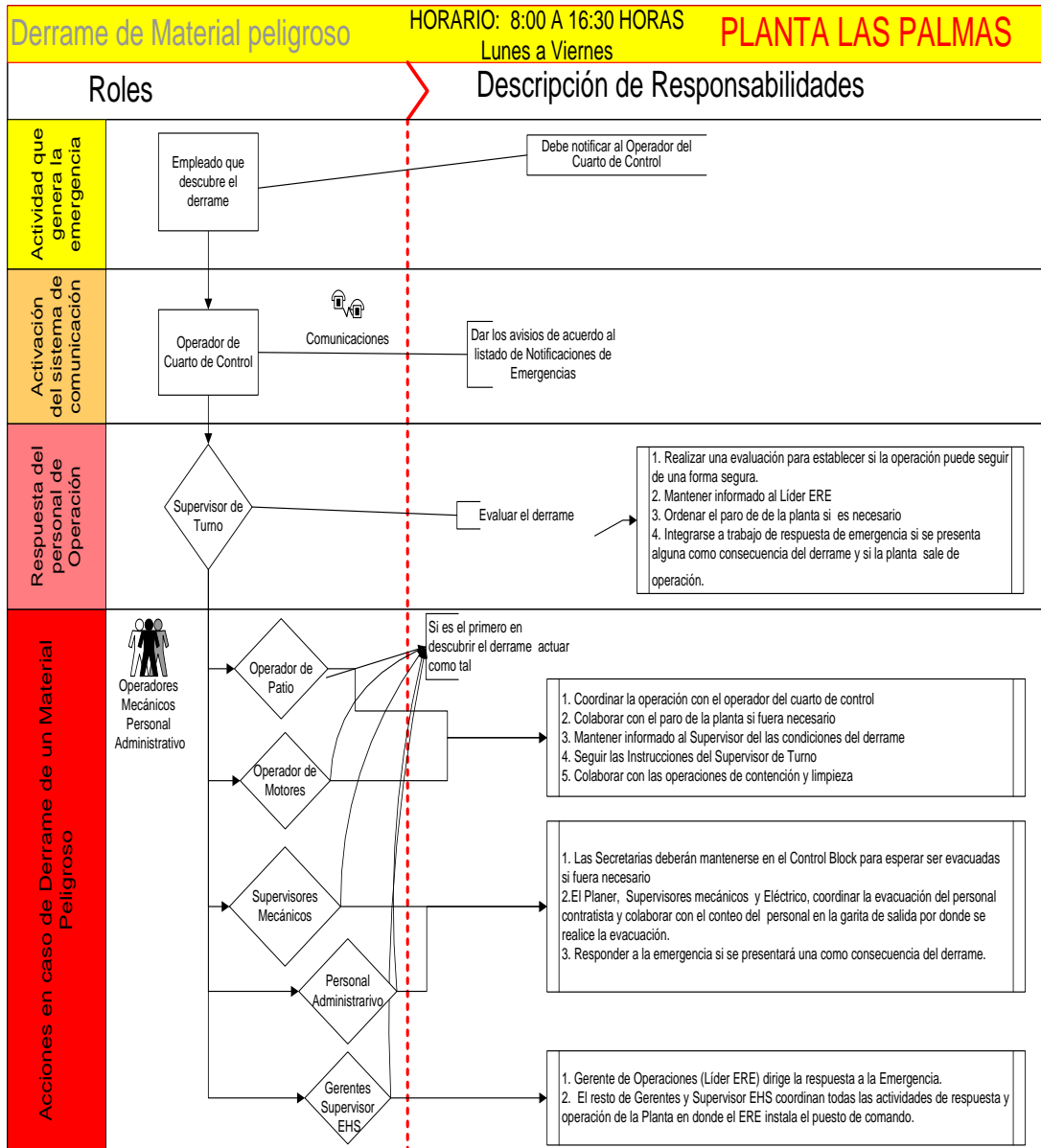
#### 3.3.5.2.5 Esquema de responsabilidades

A continuación se presentan las tablas donde se muestran las responsabilidades según roles y tipos de materiales:

**Tabla VII. Esquema de responsabilidades por derrame, parte I**



**Tabla VIII. Esquema de responsabilidades por derrame, parte II**



### 3.3.5.2.6 Alarmas

En el caso de un derrame se dará la alarma para activar el plan de respuesta a emergencia según la siguiente tabla de alarmas.

Tabla IX. Señales de alarma por derrame

<b>DERRAME</b>			
<b>Emergencia</b>	<b>Evacuación</b>	<b>Comunicación por:</b>	<b>Señal</b>
Operación normal	No hay evacuación	Radio, teléfono y comunicación verbal directa.	Blanco operación normal
Derrame en contención o la probabilidad que en una operación se presente un derrame	No hay evacuación	Radio, teléfono y comunicación verbal directa	Alerta amarilla, se mantendrá la alerta hasta garantizar que el derrame ha sido detenido y recuperado ó terminado la operación.
Derrame en contención con fuga en la contención.	No hay evacuación	Radio, teléfono y comunicación verbal directa	Alerta naranja, se mantendrá la alerta hasta garantizar que ha sido controlado fuera de la contención.
Derrame en contención con posibilidad de salir de la planta.	Evacuación de todo el personal no indispensable	Radio, teléfono y comunicación verbal directa	Alerta roja, se mantendrá la alerta hasta garantizar que sido controlada la posibilidad que el producto salga de la planta.

### **3.3.5.2.7 Equipos de protección personal**

Equipo de protección personal para manejo de materiales peligrosos, según MSDS del material:

- Casco
- Lentes de seguridad
- Uniforme de trabajo con manga larga
- Traje Tivek
- Guantes de nitrilo
- Botas de hule
- Equipo de protección respiratoria, según MSDS en áreas abiertas si fuera necesario.
- Equipo de protección respiratoria de auto contenido para áreas cerradas o de gran concentración vapores tóxicos.

### **3.3.5.3 Clima severo**

#### **3.3.5.3.1 Datos generales**

El área donde se encuentra ubicada la planta es un área donde pasa una fuente de agua que podría desbordarse y causar daños a la infraestructura de la planta.

#### **3.3.5.3.2 Definiciones**

- **Huracán:** circulación de baja presión en el trópico con vientos mayores a 74 mph (64 nudos)

- **Peligro de huracán:** Huracán con vientos fuertes o mareas que se espera que golpeen la costa en 24 horas.
- **Vigilancia de huracán:** Un huracán que amenaza la región dentro de 24 a 36 horas.
- **Peligro de tormenta:** Vientos de 56 – 73 mph son anticipados.
- **Depresión tropical:** Una serie de disturbios climáticos en el trópico que tiene el potencial de desarrollarse como tormenta.
- **Inundación:** Área de agua cuyo nivel sobre el nivel del suelo a alcanzado 0.30 mts. En el caso de planta, cuando esto suceda dentro de las instalaciones o a sus alrededores.

#### **3.3.5.3.3 Descripción de la emergencia**

Cuando exista la información de pronósticos de que en el área de la planta se pueden presentar fuertes lluvias debido a una depresión, tormenta o huracán y cuya consecuencia traiga fuertes vientos y/o inundaciones, se ha de considerar que se ha presentado una emergencia de clima severo.

#### **3.3.5.3.4 Responsabilidades y acciones**

##### **3.3.5.3.4.1 Operador de control**

- a) Da los avisos de emergencia y el tipo de alerta en el que se encuentra la operación de la planta según lo establecido en la tabla de alarmas.
- b) Hace una prueba general de la comunicación, radios y teléfonos.
- c) Toma el control de la operación
- d) Proporciona información de la operación



- e) Notifica a la AMM según las instrucciones del gerente de plantas o el líder de ERE o supervisor de turno, si fuera necesario hacer algún cambio en la operación o paro de la planta.

#### **3.3.5.3.4.2 Líder de equipo de respuesta a la emergencia**

- a) Nombra un comandante del incidente: supervisor de turno o supervisor mecánico o eléctrico.
- b) Establece un puesto de comando: Sala de conferencias del control block o un lugar fuera de planta si lo considera más conveniente para dirigir las acciones y prueba el teléfono satelital.
- c) Se dirige al área de planta si le es posible de manera segura llegar al lugar.
- d) Coordina las operaciones de la emergencia desde el lugar del incidente.
- e) Monitorear el desarrollo de la depresión tropical, tormenta tropical o huracán.
- f) Al tener la alerta amarilla nacional del incidente iniciar los preparativos para garantizar una respuesta apropiada a la emergencia y declarar la alerta amarilla.
- g) Ordena realizar pruebas de comunicación con todas las frecuencias de radio existentes de planta, comunicándose con las otras plantas de Duke-Energy y subestación San Joaquín según instrucciones de comunicación interna.
- h) Ordena probar la planta eléctrica de emergencia.
- i) Ordena probar el Sistema de Bombas Contra Incendios.
- j) Al tener la alerta naranja del CONRED (Comité Nacional para la Reducción de Desastres), declara la alerta

naranja y ordena la evacuación del personal de Duke Energy no indispensable para la operación y de todo el personal contratista.

- k) Avisar a proveedores a través del departamento de logística cuando se esté en alerta naranja en la planta y que no recibiremos ningún insumo y combustible.
- l) Avisar al oficial encargado de la seguridad física en planta que estamos en alerta naranja.
- m) Avisar a nuestros clientes que estamos en alerta naranja y que estaremos coordinando con ellos el momento en que tengamos la necesidad de cortar el servicio de energía eléctrica.
- n) Inventariar los suministros y asegurarse que el suministro de alimentos, agua, baterías y otras necesidades estén disponibles o hacer los arreglos necesarios para ello.
- o) Asegurarse de que los empleados tengan planes y preparativos para sus familias con un mínimo de 36 horas antes del tiempo predicho para que la tormenta o huracán llegue a tierra.
- p) Contactar al personal fuera de servicio que conozca el estatus de la planta y requerir la información concerniente y su disponibilidad si es necesaria.
- q) Verificar que el vehículo de la planta ha sido llenados con combustible.
- r) Coordina todo lo necesario para la evacuación juntamente con el Supervisor de EHS.
- s) Coordina las acciones juntamente con el supervisor de EHS y el comandante del incidente para evitar derrames y aplica controles adicionales a los ya existentes para evitar que cualquier cantidad de combustible o aceite pueda salir de las instalaciones de la planta, barreras de

contención, monitoreo constante y regulación de flujo de los efluentes, monitoreo constantes de los puntos críticos de rebalse de lodos aceitosos por exceso de agua.

- t) Coordinación juntamente con el supervisor de EHS de la ayuda que se le pueda prestar a los miembros de la comunidad vecina.
- u) Coordinación con el gerente de la planta de las acciones a tomar en relación con la operación de la planta y escribir el procedimiento específico de paro, de acuerdo a las condiciones del momento informando inmediatamente a los supervisores de turno y operadores 1.
- v) Coordinar el hacer un back-up de la información electrónica y transferirla a un lugar seguro, (A través del departamento de sistemas).
- w) Al tener la alerta roja de CONRED (Comité Nacional para la Reducción de Desastres) declara la alerta roja en la planta y decide el paro de la planta con el tiempo oportuno cuando considere que la información de las condiciones climáticas no permite seguir operando de una manera segura la misma y luego evacuar del personal de operaciones en turno a un lugar seguro.
- x) Al terminar la emergencia deberá volver a la condición normal de operación.

#### **3.3.5.3.4.3 Supervisor de turno**

##### **En horario de 08:00 a 16:30 horas**

- a) Seguir las instrucciones del líder del ERE
- b) Ordena la activación del plan de respuesta al operador de control.
- c) Coordinar la evacuación del personal de Duke Energy y contratista de las instalaciones cuando el líder del ERE o gerente de la planta lo decidan.

- d) Asume la función de comandante del incidente, si se le ordena.
- e) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.

**En horario de 16:30 a 08:00 horas**

- e) Al tener la alerta amarilla ordena la activación del plan de respuesta al operador de control
- f) Asegura las áreas de la Instalación expuestas a la emergencia.
- g) Al tener la alerta naranja coordina la evacuación del personal de Duke no indispensable y del personal contratista de las instalaciones
- h) Asume la función de líder del ERE, mientras este acude a la planta o toma control de las actividades de respuesta a la emergencia.
- i) Designa a un operador para que realice la función de comandante del incidente.
- j) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.
- k) Mantiene comunicación continua con el gerente de planta.
- l) Al tener la alerta roja decide el paro de la planta con el tiempo oportuno cuando considere que la información de las condiciones climáticas no permite seguir operando de una manera segura la misma y luego evacuar del personal de operaciones en turno a un lugar seguro.

**3.3.5.3.4.4 Gerente de plantas**

- a) Coordina las acciones desde el puesto de comando con el líder del ERE y el gerente de mantenimiento.

- b) Se comunica con el director de producción para informar de la emergencia y lo mantiene informado a través del teléfono satelital o celular.
- c) Toma la decisión de solicitar ayuda externa.
- d) Coordina con el responsable de la comunicación externa, la información que ha de ser pública y con instituciones gubernamentales.
- e) Toma la decisión de declarar el incidente de emergencia en una crisis y activa el plan de manejo de crisis.
- f) Después de la emergencia debe solicitar al líder del ERE una evaluación de los daños.
- g) Reunirse con el personal de la planta para reanudar la operación.

#### **3.3.5.3.4.5 Oficiales de seguridad física de la planta**

- a) Seguir las instrucciones correspondientes al nivel 2 de protección del procedimiento de seguridad física de plantas.

#### **3.3.5.3.4.6 Supervisores de mantenimiento**

- a) Electricistas
  - Dirigirse al lugar del incidente y reportarse con el líder del ERE para recibir instrucciones.
  - Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.
- b) Supervisor de mantenimiento mecánico
  - Nombra a las personas de su equipo que colaboraran en los turnos para mantener la planta en operación.
  - Dirigirse a al lugar del incidente y reportarse con el líder del ERE para recibir instrucciones.

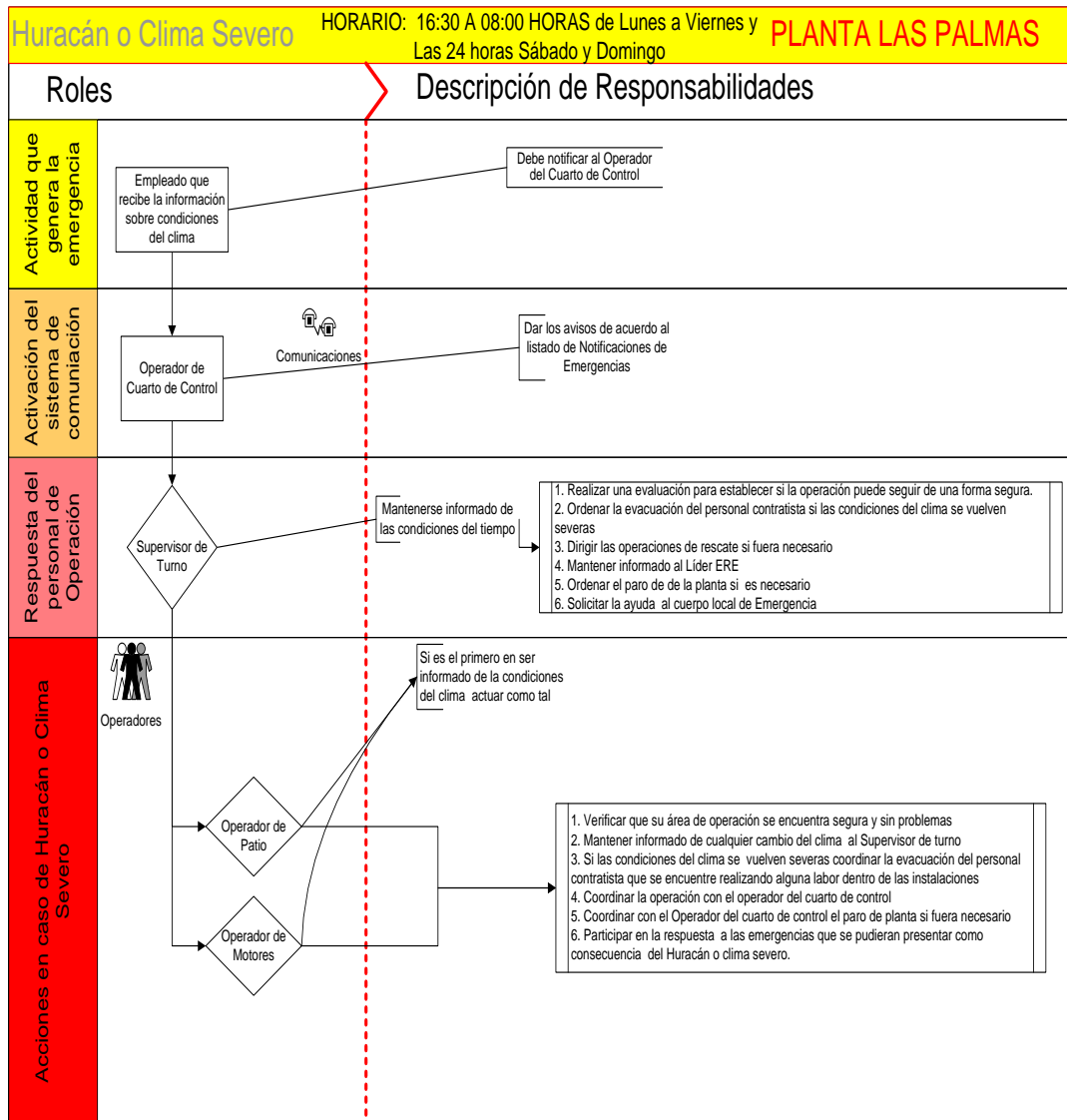
- Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.

#### **3.3.5.3.4.7 Supervisor de EHS**

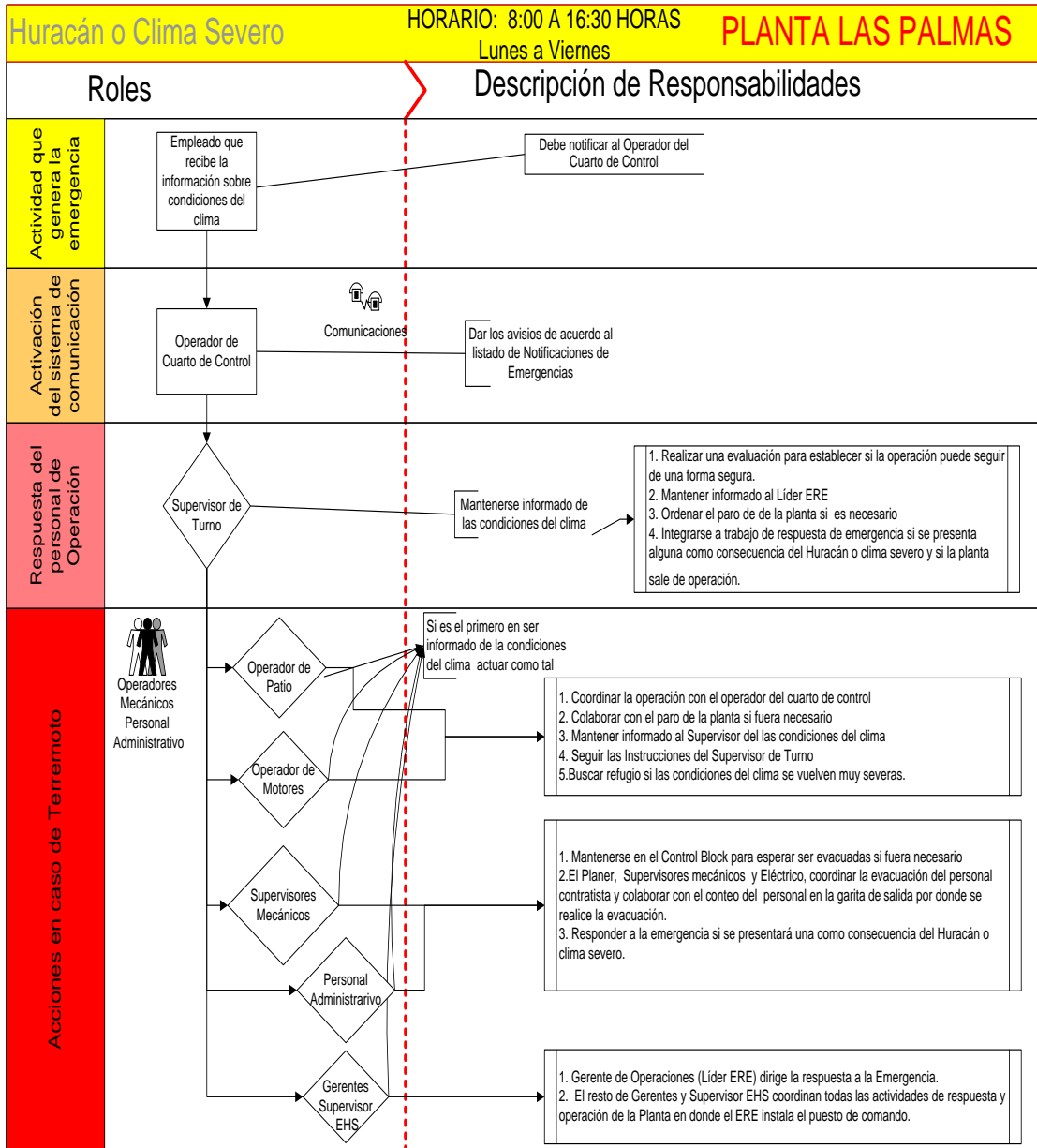
- Verificar que la implementación del plan y todas las actividades se estén realizando con seguridad.
- Coordina el abastecimiento de los equipos protección personal.
- Asesora al líder del ERE y al comandante del incidente.
- Sustituye al líder del ERE en caso de ausencia de este.
- Coordina el control y monitoreo de los efluentes de la planta
- Coordina el traslado de los heridos.

#### **3.3.5.3.5 Esquema de responsabilidades**

**Tabla X. Esquema de responsabilidades por clima severo, parte I**



**Tabla XI. Esquema de responsabilidades por clima severo, parte II**





### 3.3.5.3.6 Alarmas

En el caso de un de que se presente una emergencia de clima severo se dará la alarma para activar el plan de respuesta a esta emergencia, según la siguiente tabla de alarmas.

**Tabla XII. Señales de alarma por clima severo**

<b>CLIMA SEVERO</b>			
<b>Situación de Emergencia</b>	<b>Evacuación</b>	<b>Comunicación por:</b>	<b>Señal</b>
Operación normal	No hay evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Blanco operación normal</b>
Depresión, tormenta ó huracán.	No hay evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta amarilla, indicación de preparativos. alarma de acuerdo a CONRED</b>
Depresión, tormenta ó huracán.	Evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta naranja, indicación de evacuación del personal no indispensable. alerta de acuerdo a CONRED</b>
Depresión, tormenta ó huracán	Evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta roja, paro de planta si las condiciones climáticas no permiten operar de manera segura la misma y evacuación del personal de turno. Alarma de acuerdo a CONRED</b>

### 3.3.5.3.7 Equipos de protección personal

Equipo de protección personal para:

- Casco
- Lentes de seguridad
- Uniforme de trabajo con manga larga
- Guantes de cuero
- Capa impermeable
- Zapatos de seguridad
- Botas de hule

- Overoles extras para que el personal pueda tener ropa seca de recambio.
- Arnés de seguridad

### **3.3.5.4 Terremoto**

#### **3.3.5.4.1 Datos generales**

Guatemala es un país que está situado en una zona sísmica por lo que es importante tener un plan de respuesta a este tipo de emergencia

.  
Durante un terremoto el sismógrafo registra dos tipos de ondas: las superficiales, que viajan a través de la superficie terrestre y que producen la mayor vibración de ésta (y probablemente el mayor daño) y las centrales o corporales, que viajan a través de la tierra desde su profundidad.

Las ondas centrales a su vez son de dos tipos: las ondas primarias ("P") o compresivas y las ondas secundarias ("S") o cortantes. Lo interesante de estas ondas es que las "P" viajan a través del magma (zona de rocas fundidas) y llegan primero a la superficie ya que logran una mayor velocidad y van empujando pequeñas partículas de material delante de ellas y arrastrando otro tanto detrás.

Las ondas "S" en cambio, por ir más lentas van desplazando material en ángulo recto a ellas (por ello se les denomina también "transversales").

La secuencia típica de un terremoto es: primero el arribo de un ruido sordo causado por las ondas ("P") compresivas, luego las ondas ("S") cortantes y finalmente el "retumbar" de la tierra causado por las ondas superficiales.

**Tabla XIII. Magnitud y efectos del terremoto**

<b>Magnitud en Escala Richter</b>	<b>Efectos del terremoto</b>
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

#### **3.3.5.4.2 Definiciones**

- **Falla:** Las zonas en que las placas ejercen esta fuerza entre ellas se denominan fallas y son, desde luego, los puntos en que con más probabilidad se originen fenómenos sísmicos. Sólo el 10% de los terremotos ocurren alejados de los límites de estas placas.
- **Hipocentro:** Es el punto en la profundidad de la tierra desde donde se libera la energía en un terremoto. Cuando

ocurre en la corteza de ella (hasta 70 km de profundidad) se denomina superficial. Si ocurre entre los 70 y los 300 km se denomina intermedio y si es de mayor profundidad: profundo (recordemos que el centro de la tierra se ubica a unos 6.370 km. de profundidad).

- **Epicentro:** Es el punto de la superficie de la tierra directamente sobre el hipocentro. Es, generalmente, la localización de la superficie terrestre donde la intensidad del terremoto es mayor. Las características de la falla, sin embargo, pueden hacer que el punto de mayor intensidad esté alejado del epicentro.
- **Terremoto:** El pronto movimiento de la superficie de la tierra que podría causar grandes daños a las estructuras. El movimiento de la tierra es medido utilizando la escala Richter.

#### **3.3.5.4.3 Descripción de la emergencia**

La inmensa mayoría de los daños producidos por un terremoto son causados por las vibraciones del terreno. Estas vibraciones ocasionan una serie de fenómenos que incluyen las amplificaciones de las ondas sísmicas, los derrumbes y la licuación. Las áreas costeras son, en términos generales, las que están expuestas a mayor peligro sísmico.

El comportamiento de las estructuras y las personas durante los terremotos ha sido objeto de estudio a través de los años. De éstos se deduce que los daños y lesiones durante un terremoto generalmente ocurren debido a objetos que caen sobre las personas, estructuras, vidrios rotos de ventanas, partes mecánicas, envases, etc., y el comportamiento de las personas que al entrar en pánico actúan en forma incontrolable.

#### **3.3.5.4.4 Responsabilidades y acciones**

##### **3.3.5.4.4.1 Operador de control**

- a) Da los avisos de emergencia y el tipo de alerta en el que se encuentra la operación de la planta según lo establecido en la tabla de alarmas.
- b) Hace una prueba general de la comunicación, radios y teléfonos.
- c) Toma el control de la operación
- d) Proporciona información de la operación
- e) Notifica a la AMM según las instrucciones del gerente de plantas o el líder de ERE o supervisor de turno, si fuera necesario hacer algún cambio en la operación o paro de la planta.

##### **3.3.5.4.4.2 Líder de equipo de respuesta a la emergencia**

- a) Al enterarse de la emergencia declara el nivel de emergencia según los daños sufridos y la intensidad en la escala de Richter reportada usando la tabla de alarmas.
- b) Nombra un comandante del incidente: supervisor de turno o supervisor mecánico ó eléctrico.
- c) Establece un puesto de comando: sala de conferencias del edificio de oficinas ó un lugar fuera de planta si lo considera más conveniente para dirigir las acciones y prueba el teléfono satelital.
- d) Se dirige al área de planta si se encuentra fuera.
- e) Coordina las operaciones de la emergencia desde la planta si lo considera oportuno.
- f) Realiza una evaluación de daños de las instalaciones.

- g) Hace un inventario y se asegura que el suministro de alimentos, agua, baterías y otras necesidades estén disponibles o hace los arreglos necesarios para ello.
- h) Coordina con el supervisor de EHS la evacuación de las personas que estén en condiciones de evacuar y solicita que permanezcan aquellas que son necesarias para restablecer la operación o ayudar en las tareas de rescate.
- i) Coordina las tareas de rescate si fuera necesario.
- j) Acciona los planes correspondientes de cualquier emergencia resultante del terremoto; Incendio, derrames o personas lesionadas.
- k) Ordena contactar al personal fuera de servicio que conozca el estatus de la planta y requiere la información concerniente y su disponibilidad si es necesaria.
- l) Verificar que hay un vehículo de doble tracción disponible y que todos los vehículos han sido llenados con combustible.
- m) Coordina las acciones juntamente con el supervisor de EHS y el comandante del incidente para evitar derrames y aplica controles adicionales a los ya existentes para evitar que cualquier cantidad de combustible o aceite pueda salir de las instalaciones de la planta) barreras de contención, monitoreo constante y regulación de flujo de los efluentes, monitoreo constantes de los puntos críticos de rebalse o fuga de lodos aceitosos por exceso de agua.
- n) Coordinación juntamente con el supervisor de EHS de la ayuda que se le pueda prestar a los miembros de la comunidad vecina.

- o) Coordinación con el gerente de la planta las acciones a tomar en relación con la operación de la planta.
- p) Al terminar la emergencia deberá ordenar volver a la condición normal de operación.

#### **3.3.5.4.4.3 Supervisor de turno**

##### **En horario de 08:00 a 16:30 horas**

- a) Seguir las instrucciones del líder del ERE
- b) Ordena la activación del plan de respuesta al operador de control.
- c) Asume la función de comandante del incidente, si se le ordena.
- d) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.

##### **En horario de 16:30 a 08:00 horas**

- m) Al presentarse la emergencia ordena la activación del plan de respuesta al operador de control
- n) Declara el nivel de emergencia según los daños sufridos y la intensidad en la escala de Richter reportada usando la tabla de alarmas.
- o) Realiza una evaluación de los daños.
- p) Asume la función de líder del ERE, mientras este acude a la planta o toma control de las actividades de respuesta a la emergencia.
- q) Acciona los planes correspondientes de cualquier emergencia resultante del terremoto; incendio, derrames o personas lesionadas
- r) Designa a un operador para que realice la función de comandante del incidente.

- s) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.
- t) Mantiene comunicación continua con el gerente de plantas.
- u) Coordina con el gerente de la planta o el líder del ERE las acciones a tomar en relación con la operación de la planta.
- v) Al asumir las funciones el líder del ERE, sigue las instrucciones de este en la respuesta a la emergencia.

#### **3.3.5.4.4 Gerente de planta**

- w) Coordina las acciones desde el puesto de comando con el líder del ERE y el jefe de mantenimiento mecánico y eléctrico.
- x) Se comunica con el director de operación para informar de la emergencia y lo mantiene informado a través del teléfono satelital o celular.
- y) Toma la decisión de solicitar ayuda externa.
- z) Coordina con el responsable de la comunicación externa, la información que ha de ser pública y con instituciones gubernamentales.
- aa) Toma la decisión de declarar el incidente de emergencia en una crisis y activa el plan de manejo de crisis.
- bb) Después de la emergencia debe solicitar al líder del ERE una evaluación de los daños.
- cc) Reunirse con el personal de la planta para reanudar la operación.



#### **3.3.5.4.4.5 Oficiales de seguridad física de la planta**

- a) Seguir las instrucciones correspondientes al **nivel 2** de protección del procedimiento de seguridad física de plantas.

#### **3.3.5.4.4.6 Supervisores de mantenimiento**

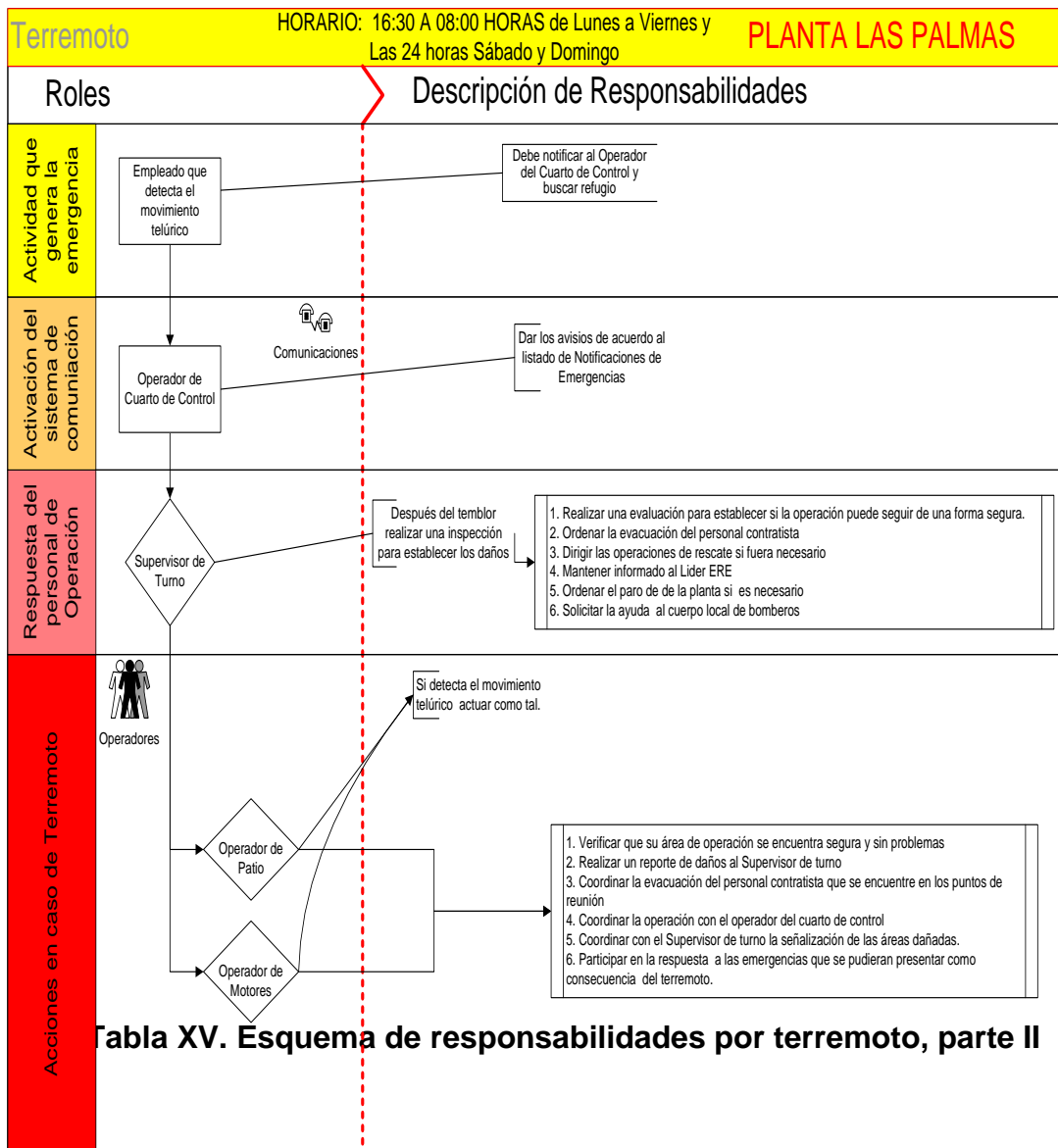
- a) Electricistas
  - Nombra a las personas de su equipo que colaboraran en los turnos para mantener la planta en operación y las tareas de remoción de escombros y rescate si fuera necesario.
  - Reportarse con el líder del ERE para recibir instrucciones.
  - Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.
- b) Supervisor de mantenimiento mecánico
  - Nombra a las personas de su equipo que colaboraran en los turnos para mantener la planta en operación y las tareas de remoción de escombros y rescate si fuera necesario.
  - Reportarse con el líder del ERE para recibir instrucciones.
  - Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.

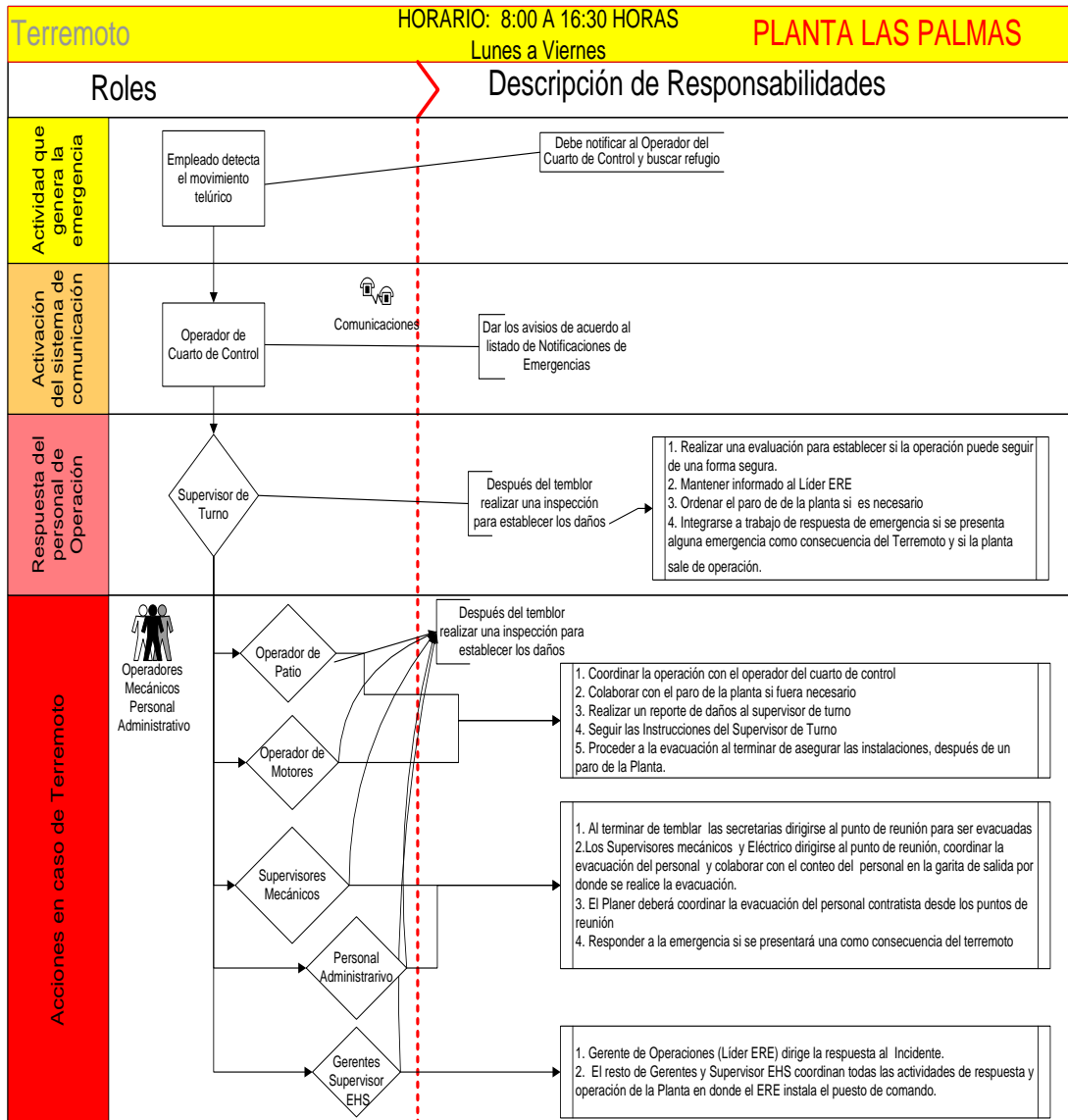
#### **3.3.5.4.4.7 Supervisor de EHS**

- Verificar que la implementación del plan y todas las actividades se estén realizando con seguridad.

- Coordina el abastecimiento de los equipos protección personal.
- Asesora al líder del ERE y al comandante del incidente.
- Sustituye al líder del ERE en caso de ausencia de este.
- Coordina el traslado de los heridos.

**Tabla XIV. Esquema de responsabilidades por terremoto, parte I**





### 3.3.5.4.5 Alarmas

En el caso de un de que se presente una emergencia de terremoto se dará la alarma para activar el plan de respuesta a esta emergencia, según la siguiente tabla de alarmas.

**Tabla XVI. Señales de alarma por terremoto**

<b>TERREMOTO</b>			
<b>Situación de Emergencia</b>	<b>Evacuación</b>	<b>Comunicación por:</b>	<b>Señal</b>
Operación Normal	No hay evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Blanco operación normal</b>
3.5 - 5.4 Escala Richter. A menudo se siente, pero sólo causa daños menores	No hay evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta amarilla, indicación de preparativos y evaluación de evacuación de personal no indispensable.</b>
5.5 - 6.9 Escala de Richter ocasiona daños ligeros a edificios y daños severos en áreas muy pobladas	Evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta naranja, indicación de evacuación del personal no indispensable.</b>
7.0 - 8 o mayor escala de Richter causa graves daños y destrucción total a comunidades cercanas.	Evacuación	Vía correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta roja, mantener la operación si el país lo requiere y si las condiciones lo permiten.</b>

### **3.3.5.4.6 Equipos de protección personal**

Equipo de protección personal para:

- Casco
- Lentes de seguridad
- Uniforme de trabajo con manga larga
- Guantes de cuero

- Zapatos de seguridad
- Overoles extras para que el personal pueda tener ropa seca de recambio.
- Arnés de seguridad
- Equipo específico para las labores de rescate o primeros auxilios.

### **3.3.5.5 Amenaza y actos contra la seguridad física de las instalaciones**

#### **3.3.5.5.1 Datos generales**

Planta Las Palmas cuenta con una empresa que da la seguridad física y la cual cubre todas las áreas vulnerables las 24 horas del día. Además se cuenta con un maya de seguridad en su perímetro

#### **Lineamientos ante una amenaza o una carta de extorsión.**

- Acciones al recibir una carta de extorsión
  - ✓ Manipular la carta y el sobre lo menos posible y colocarlo dentro de una bolsa plástica. Tener el sobre y la carta para chequear las huellas digitales.
  - ✓ Notificar al gerente de plantas
  - ✓ Identificar a todo el personal que manipuló la carta y el sobre si es posible.

- Acciones al recibir una amenaza de bomba (o encontrar un dispositivo)
  - ✓ Mantener a la persona que llama en el teléfono el mayor tiempo posible y escuchar cuidadosamente. Registrar la declaración de la persona que llama tan exacta como sea posible. Pedir a la persona que llama que repita el mensaje.
  - ✓ Si la persona que llama no indica la ubicación de la bomba o el tiempo de detonación, pídale esta información.
  - ✓ No interrumpa a la persona que llama
  - ✓ Inmediatamente notifique al gerente de plantas y al personal que deba ser informado de acuerdo a la secuencia. Si una persona esta indisponible o no puede ser contactada a través del teléfono, continúe a la próxima persona.
  - ✓ No desarme, remueva o tenga contacto con el dispositivo encontrado,
  - ✓ No utilice radio transmisor en el sitio porque la alta frecuencia emitida puede causar que la bomba estalle.
  - ✓ Colocar una barrera a una distancia segura de la ubicación del dispositivo.
  - ✓ No discutir la situación con nadie fuera del sitio, excepto con los servicios de emergencia. Solamente el gerente

#### **3.3.5.5.2 Definiciones**

- Falsa Alarma: **Lo que desean al dar una falsa alarma es una gratificación individual a través de algo excitante,**

**una sensación de poder, el pago de un tiempo sin trabajar o crear el pánico.**

- **Acoso: El objetivo es interrumpir las operaciones y/o afectar la economía de la compañía.**
- **Peligro Real: Una bomba está en la planta y una información humanitaria es dada.**
- **Acto Terrorista: Acto premeditado con el propósito de causar temor, que causa daños a las personas y a las instalaciones.**

#### **3.3.5.5.3 Descripción de la emergencia**

Esta emergencia se puede presentar desde el momento que se recibe una llamada telefónica haciendo una amenaza de causar daño a las personas o las instalaciones, como también que algún grupo que se dedique a realizar actos terroristas ejecute una acción armada, detone bombas o realice algún acto que dañe o ponga en peligro a las personas o las instalaciones.

#### **3.3.5.5.4 Responsabilidades y acciones**

##### **3.3.5.5.4.1 Persona que descubre el acto inicial de la emergencia**

- a) Si es una amenaza que se recibe vía telefónica, debe permanecer en el teléfono el mayor tiempo que pueda, anotando todas las palabras que le son dichas por la persona, el tipo de voz que escucha, si es hombre o mujer y si tiene identificado anotar el número inmediatamente. Luego informar inmediatamente al gerente de la planta o supervisor de EHS.

- b) Si descubre un objeto extraño que aparente ser un artefacto explosivo o extraño, no tocarlo y alejarse del área, informar al supervisor de turno y al resto del personal que se encuentre cerca del área para que se aleje y no lo toque, hasta que llegue personal entrenado para estas situaciones.
- c) Si se encuentra cerca u observa una explosión deberá informarlo de inmediato al cuarto de control para que se realicen las notificaciones respectivas.

#### **3.3.5.5.4.2 Operador**

- a) Da los avisos de emergencia que le indique el supervisor de turno, el líder del ERE o gerente de plantas.
- b) Toma el control de la operación.
- c) Proporciona información de la operación al gerente de plantas o al líder del ERE.
- d) Notifica a la AMM según las instrucciones del gerente de plantas, líder de ERE o supervisor de turno, las condiciones de operación o paro de la planta.

#### **3.3.5.5.4.3 Líder de equipo de respuesta a la emergencia**

- a) Al enterarse de la emergencia declara el nivel de alarma de la emergencia según el informe que le de el supervisor de turno sobre el tipo de amenaza o acto contra la seguridad física de las personas o las instalaciones en la planta.
- b) Nombra de comandante del incidente al supervisor de EHS
- c) Establece un puesto de comando: Sala de conferencias del edificio de oficinas o un lugar fuera de planta si lo considera más conveniente para dirigir las



acciones y prueba el teléfono satelital según sea necesario.

- d) Se dirige al área de planta si se encuentra fuera.
- e) Coordina las operaciones de la emergencia desde la planta si lo considera oportuno.
- f) Realiza una evaluación de la situación, si es amenaza coordina las acciones a seguir con el supervisor de EHS.
- g) Ordena acordonar el área a la distancia segura, si es un objeto extraño o con características de ser explosivo, así como si ha ocurrido una explosión.
- h) Coordina con el supervisor de EHS la evacuación de las personas que estén en condiciones de evacuar y solicita que permanezcan aquellas que son necesarias para restablecer la operación o ayudar en las tareas de rescate.
- i) Coordina las tareas de rescate si fuera necesario.
- j) Ordena identificar y buscar la forma segura de traslado inmediato a las personas que salieron heridas del incidente.
- k) Ordena a apagar todos los ventiladores, sopladores y el aire acondicionado, si se sospecha que pueda ser un artefacto bacteriológico.
- l) Acciona los planes correspondientes de cualquier emergencia resultante como incendio, derrames o personas lesionadas.
- m) Ordena contactar al personal fuera de servicio que conozca el estatus de la planta y requiere la información concerniente y su disponibilidad si es necesaria.

- n) Coordina conjuntamente con el supervisor de EHS de la ayuda que se le pueda prestar a los miembros de la comunidad vecina, así como la posible evacuación del área si fuera necesaria.
- o) Coordina con el gerente de plantas las acciones a tomar en relación con la operación de la planta.
- p) Al terminar la emergencia deberá volver a la condición normal de operación.

#### **3.3.5.5.4 Supervisor de Turno**

##### **En horario de 08:00 a 16:30 horas**

- a) Seguir las instrucciones del líder del ERE
- b) Ordena la activación del plan de respuesta al operador de control.
- c) Ordena al operador del área del FGD alejarse del área y tomar el control de los accesos a la misma para evacuar a todas la personas del área y evitar que otras ingresen a la misma
- d) Asume la función de comandante del incidente, si se le ordena.
- e) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.

##### **En horario de 16:30 a 08:00 horas**

- a) Al presentarse la emergencia ordena la activación del plan de respuesta al operador de control
- b) Realiza una evaluación de la situación.
- c) Declara el nivel de emergencia según la evaluación de la situación y la tabla de alarmas de emergencia.
- d) Asume la función de líder del ERE y toma las acciones correspondientes, mientras este acude a la planta o toma control de las actividades de respuesta a la emergencia.

- e) Acciona los planes correspondientes de cualquier emergencia resultante como terremoto; incendio, derrames o personas lesionadas
- f) Designa a un operador para que realice la función de comandante del incidente.
- g) Solicita ayuda externa al líder del ERE si lo considera necesario.
- h) Mantiene comunicación continua con el gerente de planta y el líder del ERE.
- i) Coordina con el gerente de la planta o el líder del ERE las acciones a tomar en relación con la operación de la planta.

#### **3.3.5.5.4.5 Gerente de planta**

- a) Coordina las acciones desde el puesto de comando con el líder del ERE y el gerente de mantenimiento.
- b) Se comunica con el director de operación para Informar de la emergencia y lo mantiene informado a través del teléfono satelital o celular.
- c) Toma la decisión de solicitar ayuda externa.
- d) Coordina con el responsable de la comunicación externa, la información que ha de ser pública y con instituciones gubernamentales.
- e) Toma la decisión de declarar el incidente de emergencia en una crisis y activa el plan de manejo de crisis.
- f) Después de la emergencia debe solicitar al líder del ERE una evaluación de los daños.
- g) Reunirse con el personal de la planta para reanudar la operación.

#### **3.3.5.5.4.6 Oficiales de seguridad física de la planta**

- a) Seguir las instrucciones correspondientes al nivel 3 de protección del procedimiento de seguridad física de plantas.

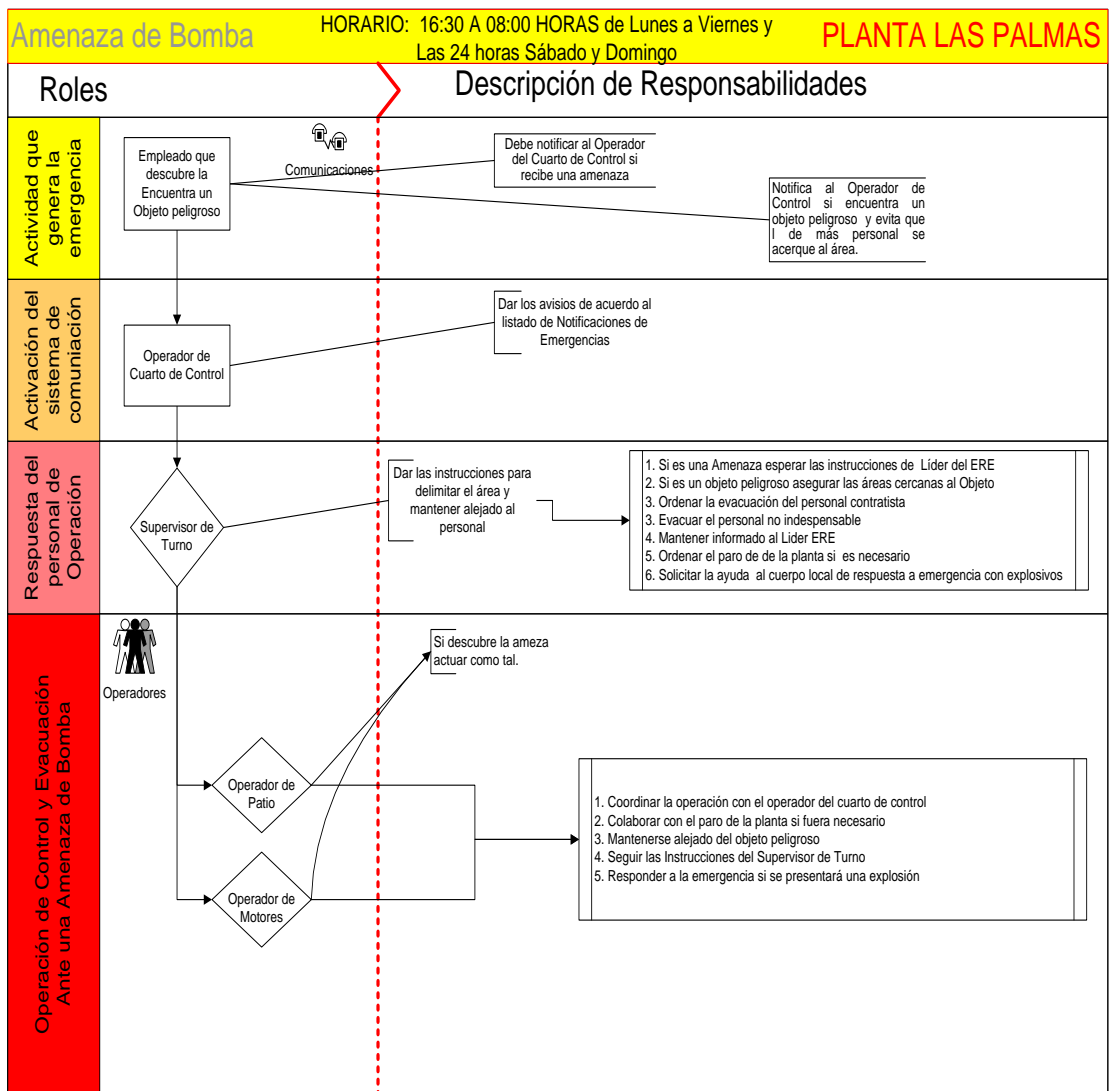
#### **3.3.5.5.4.7 Supervisores**

- a) Electricistas
  - Reportarse con el líder del ERE para recibir instrucciones.
  - Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.
- b) Supervisor de mantenimiento mecánico
  - Reportarse con el líder del ERE para recibir instrucciones.
  - Portar su radio transmisor pero no realizar comunicación por radio para evitar interferencias con la operación a menos que se le indique.

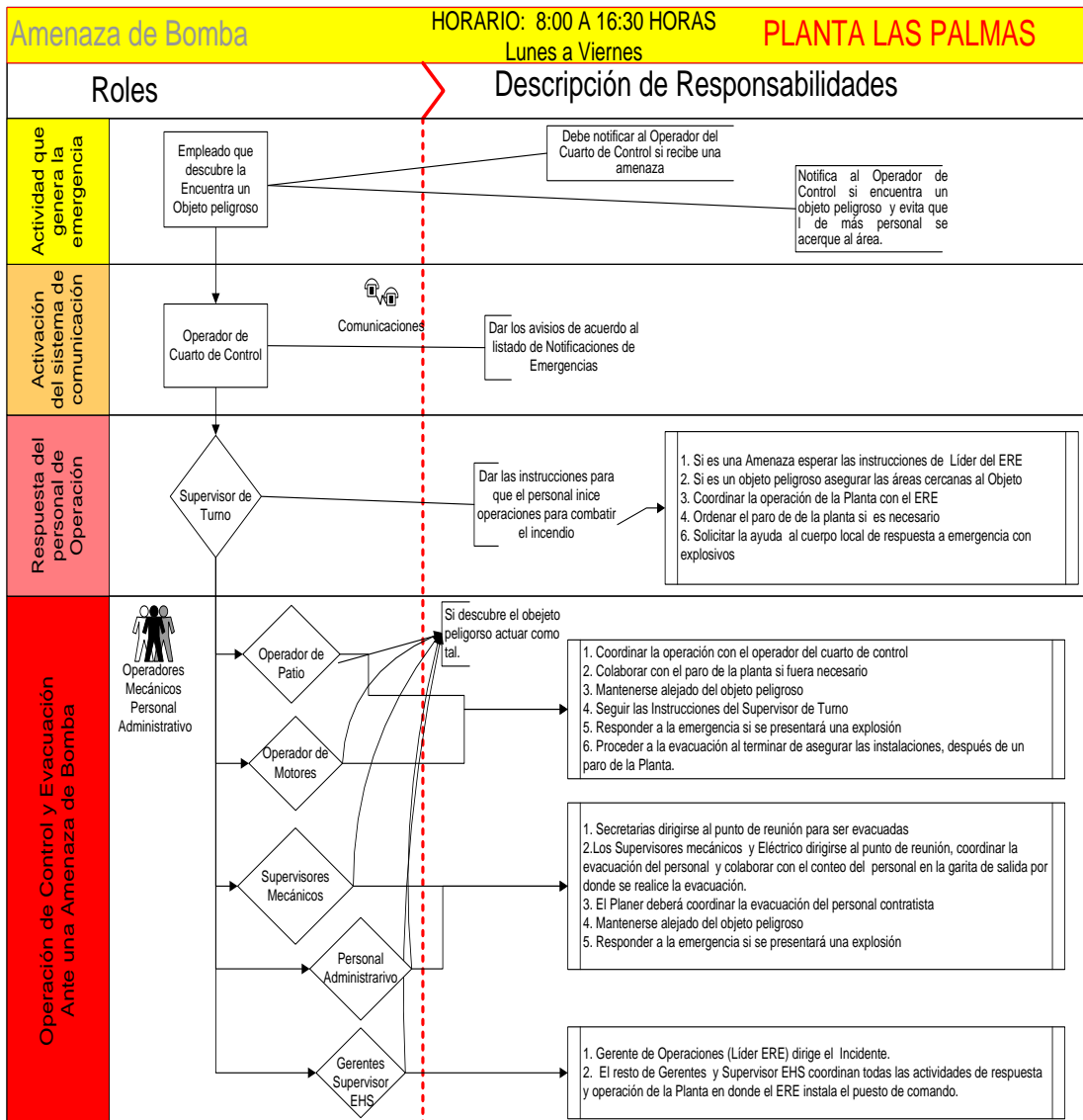
#### **3.3.5.5.4.8 Supervisor de EHS**

- Verificar que la implementación del plan y todas las actividades se estén realizando con seguridad.
- Coordinar el gerente de seguridad física de DEI
- Asesora al líder del ERE y al comandante del incidente.
- Sustituye al líder del ERE en caso de ausencia de este.
- Coordina el traslado de las personas heridas.

**Tabla XVII. Esquema de responsabilidades amenaza de bomba, parte I**



**Tabla XVIII. Esquema de responsabilidades amenaza de bomba, parte II**



**Tabla XIX. Alarmas por amenaza de bomba o acta terrorista**

<b>AMENAZA DE BOMBA O ACTO TERRORISTA</b>			
<b>Situación de Emergencia</b>	<b>Evacuación</b>	<b>Comunicación por:</b>	<b>Señal</b>
Operación normal lectura normal	No hay evacuación	Correo, radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Blanco operación normal</b>
Amenaza telefónica	Evacuación	Radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta amarilla, si la amenaza es que hay una bomba en las instalaciones.</b>
Objeto extraño o explosivo correspondencia peligrosa	Evacuación	Radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta naranja, si se encuentra un objeto que se presume que es explosivo o que efectivamente lo sea</b>
Explosión sabotaje	Evacuación	Radio, teléfono o verbal, registro en la bitácora	<b>Alerta roja, mantener la operación si el país lo requiere y si las condiciones lo permiten.</b>

#### **3.3.5.5 Equipos de protección personal**

Solamente personal entrenado de las organizaciones de seguridad utilizando el equipo de protección personal apropiado podrán manipular objetos que se consideren pueden causar un daño.

### **3.3.6 Revisiones y actualizaciones**

- a) Las revisiones del plan se realizarán bajo las siguientes circunstancias:
- Cuando se realicen simulacros para verificar el conocimiento y la viabilidad del plan.
  - Cuando se presenten emergencias que activen el plan.
  - Una vez por año para garantizar que se encuentre adaptado a las condiciones de operación en las emergencias.
  - Lista de contactos de emergencia será revisado mensualmente y para garantizar que los datos que en él aparecen estén actualizados.
  - Los demás apéndices se actualizarán según las modificaciones que se vayan presentando en cada uno de ellos.
- b) Las actualizaciones del plan se realizarán bajo las siguientes circunstancias.
- Después de cada revisión y si hay cambios que se deban hacer, los cuales deberán ser aprobados por el encargado de aprobar este plan.
  - Los agregados deberán quedar registrados con negrilla en el plan y las casillas correspondientes deberán dejarse registradas con la fecha de actualización y el número de revisión.

### **3.3.7 Ubicación de copias**

Las copias de este plan se distribuirán como mínimo en las siguientes áreas:

- 1 original oficinas centrales
- 1 original oficinas supervisor de EHS
- 1 copia cuarto de control
- 1 copia oficina del líder del equipo de respuesta a emergencias



- 1 copia gerente de plantas
- 1 copia bodega
- 1 copia área del taller

### **3.3.8 Simulacros**

En el año calendario se realizaran 3 simulacros de diferentes tipos de emergencias con el propósito de que el personal se ejercite en la ejecución del plan.

## **4 CAPACITACIONES**

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado y para garantizar la buena ejecución del sistema de control de la planta de tratamiento de agua se recibieron varios cursos de capacitación en el extranjero y dentro del país. Adicionalmente se transmitió conocimientos al personal de operación, mantenimiento e ingeniería para lo cual se utilizaron distintos métodos los cuales se detallan a continuación.

### **4.1 Métodos de capacitación**

- Método de presentaciones audiovisuales
- Método magistral
- Método autodidáctico
- Método interactivo de enseñanza

#### **4.1.1 Objetivos de los métodos**

- La capacitación ayudará a los empleados a incrementar su rendimiento y desempeño en sus asignaciones laborales actuales.
- Los programas de capacitación contribuyen a elevar la calidad de la fuerza de trabajo. Cuando los trabajadores están mejor informados acerca de los deberes y responsabilidades de sus trabajos y cuando tienen los conocimientos y habilidades laborales necesarios son menos propensas a cometer errores costosos.
- Los esfuerzos continuos de capacitación del trabajador son necesarios para mantener actualizados a los trabajadores de los avances actuales en sus campos laborales respectivos.

#### **4.1.2 Método de presentaciones audiovisuales**

Una de las ventajas de este método de capacitación es la comunicación masiva a todos los trabajadores y la economía de tiempo y recursos.

A todo personal de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua se les mostraron videos motivacionales que hicieron sentirse comprometidos con la empresa y motivados a buscar nuevos objetivos personales y laborales.

La presentación del sistema de control se realizó por medio de proyectores a todos los involucrados: operadores, mecánicos, electricistas, personal de limpieza, supervisores, ingenieros de plantas.

#### **4.1.3 Método magistral**

El método fue una oportunidad de desarrollo de capacidades y habilidades para elevar la competitividad de los trabajadores avocados en mejorar sus potencialidades en las distintas áreas laborales.

El método se desarrolló bajo una modalidad de formación donde los participantes recibieron información sobre el sistema de control, así como detalle sobre cada uno de los instrumentos y controladores asociados.

El componente más importante fue el recurso humano, pues el método de capacitación magistral sirvió para crear competencias, capacidades y habilidades, y que se desarrollen las condiciones necesarias para asumir nuevos y mayores retos en la corporación de Duke Energy International.

#### **4.1.4 Método autodidáctico**

El método autodidáctico consistió en aprendizaje individual, se les entregó impresos los manuales y diagramas de tubería e instrumentación. La parte interesante de este método es que el empleado en sus tiempos libres o cuando surja una duda se puede apoyar en ellos.

Los manuales y diagramas proporcionaron elementos de participación y retroalimentación en cada una de las áreas de la planta de tratamiento de agua. Una de las ventajas de este método capacitación fue el costo bajo en la implementación del mismo debido a que su único costo fue la reproducción del material de apoyo.

#### **4.1.5 Método interactivo de enseñanza**

Para culminar con los métodos de capacitación se eligió el método interactivo de enseñanza, se formaron cuatro grupos de cuatro personas intercalando operación y mantenimiento.

Cada uno de los grupos tuvo la oportunidad de discutir sobre los diferentes subsistemas de la planta de tratamiento de agua.

Para el personal involucrado fue el método más interesante debido a que hubo práctica y teoría.

Sin duda alguna, este será unos de los procesos más aprendidos ya que el ser humano, según estudios, retiene un 10% de lo que lee, 20% de lo que escucha, 30% de lo que vemos, 50% de lo que vemos y escuchamos y el 80% de lo que vemos, escuchamos y practicamos.

#### **4.1.6 Generalidades**

La capacitación sirve para el desarrollo de las capacidades y habilidades del personal. Hoy son los propios colaboradores quiénes están demandando capacitación en áreas y temas específicos; han asimilado la necesidad de mejorar para incrementar el valor transferido a los clientes.

La capacitación facilita el aprendizaje de comportamientos relacionados con el trabajo. La ayuda de los expertos permite identificar los conocimientos, destrezas y las características personales que los instructores puedan enseñar y que sean válidos para el objetivo final.

La capacitación hará que el colaborador sea más competente y hábil. Generalmente, es más costoso contratar y capacitar nuevo personal, aun cuando éste tenga los requisitos para la nueva posición, que desarrollar las habilidades del personal existente.

#### **4.2 Períodos de capacitaciones**

Los métodos de capacitación audiovisual, magistral e interactiva se efectuaron en el salón de conferencias de planta Las Palmas I

**Tabla XX. Capacitación audiovisual, magistral e interactiva**

<b>Asistentes / Capacitación</b>	<b>Audiovisuales 01, 02 y 03 de diciembre del 2009</b>	<b>Magistrales 04 de diciembre del 2009</b>	<b>Interactivo 04 de diciembre del 2009</b>
Operadores, mecánicos, electricistas	8:00 a 9:00 hrs	8:00 a 12:00 hrs	15:00 a 17:00

**Tabla XXI. Fechas de capacitación plan de contingencia**

<b>Asistentes / capacitación</b>	<b>Plan de contingencia 28, 29 y 30 de diciembre del 2009</b>
Comité de seguridad y brigadas de emergencia	8:00 a 10:00 hrs

#### **4.3 Capacitaciones externas**

Como parte del programa de capacitaciones al personal de ingeniería y de proyectos, se contrató diferentes proveedores de servicio dentro y fuera del país y se participó en cursos que se muestran a continuación:

**Tabla XXII. Capacitaciones externas**

<b>Curso</b>	<b>Tema</b>	<b>Aplicación</b>
<i>D/3 User y D/3 Sabl Programación de DCS</i>	<i>Programación de Sistema de Control Distribuido por medio de Texto estructurado.</i>	Desarrollo de los lazos de control y programación del PLC o DCS para la automatización de la planta de tratamiento de agua. Curso recibido durante el mes de julio del 2009 en una de las sede de la empresa NovaTech, localizada en Aiken, Carolina del Sur, USA. Duración de tres semanas.
<i>TotalVision I Desarrollo de HMI</i>	<i>Desarrollo de programa supervisorio para interface hombre maquina (HMI),</i>	Elaboración del programa a correrse en la consola de operación de la Planta Palmas II, que permite la interacción del usuario con el equipo. Curso impartido en sede de NovaTech, localizada en Aiken, Carolina del Sur, USA. Duración de una semana.
<i>RSLogix5000 Programación de PLC</i>	<i>Desarrollo de diagrama en escalera para el controlador lógico programable PLC</i>	Utilización de escalera lógica para programar el PLC, impartido en Escuintla por personal de Rockwell Automation. Duración de una semana.

## CONCLUSIONES

1. Debido a que la eficiencia, reducción de costos de mantenimiento y prolongación de vida útil en las calderas de alta presión, de una planta generadora de energía eléctrica, se debe en gran parte a la calidad de agua, es necesario mantener una disciplina de mantenimiento preventivo en los distintos instrumentos, controlador y elementos finales del sistema de control de la planta de tratamiento de agua.
2. Se considera que la automatización de una planta de tratamiento de agua, permitirá un retorno de inversión a mediano plazo, debido a que el consumo de químicos en la misma es uno de los rubros más elevados para su operación. Cuando se hace de manera automatizada ayuda a evitar dosificaciones innecesarias.
3. Una planta de tratamiento automática reduce el tiempo que el recurso humano invierte en la operación y mantenimiento, lo cual permite que este sea utilizado en capacitación e investigación entre otras actividades.
4. El medio ambiente y los recursos naturales deben ser protegidos a nivel mundial para lo cual han surgido muchas organizaciones que velan por los mismos. El agua es uno de los recursos naturales sumamente importantes, y mediante un sistema de control adecuado en una planta de tratamiento de agua, se reduce el consumo de la misma.
5. El medio ambiente, salud y seguridad es la prioridad más importante para la corporación Duke Energy International, debido a esto, sus planes de contingencia de cada una de las plantas excede lo legalmente establecido en nuestro país.





## RECOMENDACIONES

1. Mantener en bodega un mínimo de repuestos de los equipos e instrumentos más vulnerables de la planta de tratamiento de agua, los cuales pueden ser reemplazados de acuerdo al programa de mantenimiento preventivo o bajo alguna eventualidad.
2. Es necesario que el personal conozca la mejor manera de preservar los electrodos de los analizadores de PH y conductividad, debido a que sus características de construcción y a la agresividad del proceso puede ser un punto de falla del sistema de control.
3. Es necesario hacer énfasis en el personal de mantenimiento y de operaciones del cuidado de toda la documentación relacionada a la planta de tratamiento de agua, tales como: Manuales de instalación, manuales de operación y mantenimiento, catálogo de partes, diagramas de conexión, diagramas de tubería e instrumentos, licencias de los software y copia dura de los programas, debido a la importancia que cada uno de ellos tienen.
4. Hacer un programa de capacitación para el personal sobre programación de PLC lo que permitirá en el futuro ser autosuficientes en la solución de problemas en el controlador, así como modificar y mejorar la forma automática de operar la planta, así como sobre los métodos de ajuste y calibración de instrumentos y el correcto uso y almacenaje de los equipos patrones utilizados para el efecto.
5. Hacer un programa para cambio de cable de instrumentación y control, el cual tiene varios años de uso, y que en un mediano plazo puede provocar inconvenientes. Debido al alto costo que esta actividad representa, puede programarse de una forma escalonada

por áreas, para no impactar en el presupuesto y el tiempo de personal técnico en el desarrollo de la tarea.

6. Durante muchos años, la planta de tratamiento de agua estuvo fuera de operación, provocando daños en la infraestructura del edificio, por lo que se recomienda un programa de mejora continua que incluya el techo, paredes, pintura, piso, iluminación, ventilación y señalización del área.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Mandado Pérez, Enrique. **Autómatas Programables, entorno y aplicación.** 2007
  2. Cembranos Nistal, Florencio. **Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos.** 2007
  3. ISA-5.1-1984 (R1992) The instrumentation System and Automation Society **Instrumentation Symbol and identification**, 1992.
  4. Stout, T. M. and Williams, **Pioneering Work in the Field of Computer Process Control.**". IEEE Annals of the History of Computing, 1995
  5. Enriquez Harper, Gilberto. **El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales.** 2008
- Compras: Principios y Aplicaciones,  
*books.google.com.gt/books?isbn=9681863135...* julio de 2009



## ANEXOS

*Anexo I:*

*Tabla XXIII. Número de identificación de instrumentos o números TAG*

<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN TÍPICO ( NÚMERO TAG)</b>	
TIC 103	<input type="checkbox"/> Identificación del instrumento o número de etiqueta
T 103	<input type="checkbox"/> Identificación de lazo
103	<input type="checkbox"/> Número de lazo
TIC	<input type="checkbox"/> Identificación de funciones
T	<input type="checkbox"/> Primera letra
IC	<input type="checkbox"/> Letras Sucesivas
<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN EXPANDIDO</b>	
10-PAH-5A	<input type="checkbox"/> Número de etiqueta
10	<input type="checkbox"/> Prefijo opcional
A	<input type="checkbox"/> Sufijo opcional
Nota: Los guiones son optativos como separadores.	

## Anexo 2: Nomenclatura de instrumentos

La siguiente tabla muestra las diferentes letras que se utilizan para clasificar los diferentes tipos de instrumentos.

**Tabla XXIV. Nomenclatura de instrumentos**

1° Letra		2° Letra		
Variable medida(3)	Letra de Modificación	Función de lectura pasiva	Función de Salida	Letra de Modificación
A. Análisis (4)		Alarma		
B. Llama (quemador)		Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
C. Conductividad			Control	
D. Densidad o Peso específico	Diferencial (3)			
E. Tensión (Fem.)		Elemento Primario		
F. Caudal	Relación (3)			
G. Calibre		Vidrio (8)		
H. Manual				Alto (6)(13)(14)
I. Corriente Eléctrica		Indicación o indicador (9)		
J. Potencia	Exploración (6)			
K. Tiempo			Estación de Control	
L. Nivel		Luz Piloto (10)		Bajo (6)(13)(14)
M. Humedad				Medio o intermedio (6)(13)
N. Libre(1)		Libre	Libre	Libre
O. Libre(1)		Orificio		
P. Presión o vacío		Punto de prueba		
Q. Cantidad	Integración (3)			
R. Radiactividad		Registro		
S. Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)		Interruptor	
T. Temperatura			Transmisión o transmisor	
U. Multivariable (5)		Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)
V. Viscosidad			Válvula	
W. Peso o Fuerza		Vaina		
X. Sin clasificar (2)		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y. Libre(1)			Relé o compensador (12)	Sin clasificar
Z. Posición			Elemento final de control sin clasificar	

### Anexo 3: Clasificación de los incendios

Se han clasificado los fuegos en cuatro tipos, de acuerdo con los materiales combustibles que los alimentan. Estas clases de fuegos se denominan con las letras "a", "b", "c" y "d".

**Figura 8. Clasificación de los incendios**



Sólidos



Combustibles líquidos



Fuego bajo tensión eléctrica



Metales combustibles

#### **INCENDIO CLASE "A"**

*Los incendios de la clase "A" son los que ocurren en materiales sólidos tales como trapos, viruta, papel, madera, basura y en general en materiales que se encuentren en ese estado físico.*

#### **INCENDIO CLASE "B"**

*Los incendios de la clase "B" son aquellos que se producen en la mezcla de un gas, tales como butano, propano, etc., con el aire, o bien, de la mezcla de los vapores que se desprenden de la superficie de los líquidos inflamables, tales como gasolina, aceites, grasas, solventes, etc.*

#### **INCENDIO CLASE "C"**

*Se clasifican como incendios "C" aquellos que ocurren en o cerca de equipo eléctrico o electrónico "energizado", donde deben usarse agentes Extinguidores no conductores, tales como los polvos químicos seco, bióxido de carbono. La espuma o chorros de agua no deben usarse, ya que ambos son buenos conductores de la electricidad y exponen al operador a una fuerte descarga eléctrica.*





#### **INCENDIO CLASE "D"**













*Los incendio clase "D" son los que se presentan en cierto tipo de metales combustibles, tales como magnesio, titanio, sodio litio, potasio, aluminio o zinc en polvo.*






## Anexo 4: Simbología de instrumentos

Figura 9. Símbolos y números de instrumentación

<i>Instrumento Discreto</i>	
<i>Display Compartido, Control Compartido</i>	
<i>Función de computadora</i>	
<i>Control Lógico Programable</i>	

	<i>Montado en Tablero Normalmente accesible al operador</i>	<i>Montado en Campo</i>	<i>Ubicación Auxiliar. Normalmente accesible al operador.</i>
<i>Instrumento Discreto o Aislado</i>			
<i>Display compartido, Control compartido.</i>			
<i>Función de Computadora</i>			
<i>Control Lógico Programable</i>			

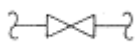
*Las líneas punteadas indican que el instrumento esta montado en la parte posterior del panel el cual no es accesible al operador.*

<i>Instrumento Discreto</i>	
<i>Función de Computadora</i>	
<i>Control Lógico Programable</i>	

Fuente: ISA-5.1-1984 (R1992)

## Anexo 5: Simbología de elementos finales de control

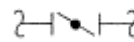
Figura 10. Símbolos de válvulas y actuadores



*Globo, compuerta*



*Globo*



*Mariposa*



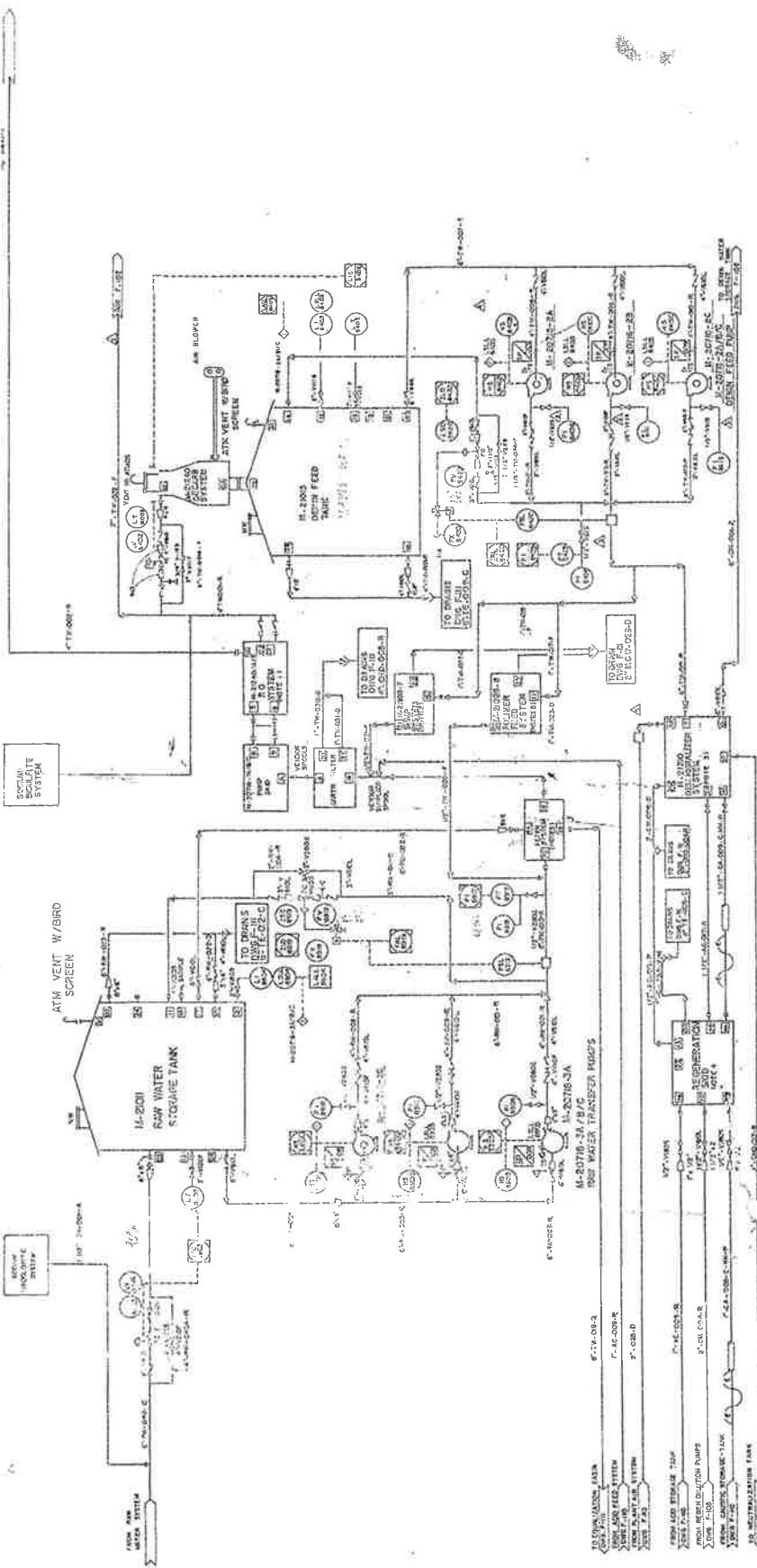
*Diafragma*



*Actuador de diafragma*

Fuente: ISA-5.1-1984 (R1992)

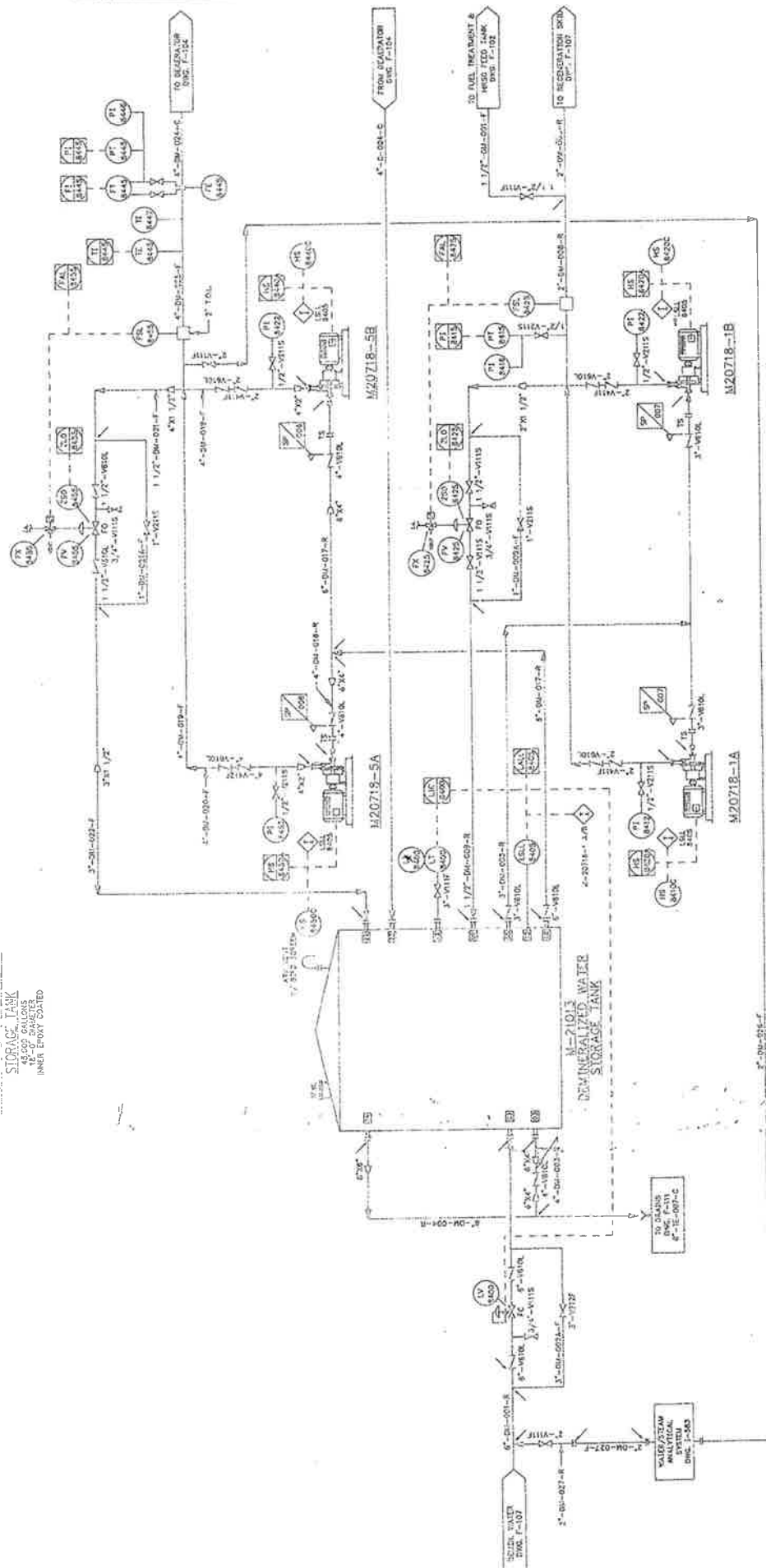
## Anexo 6: Diagrama de tubería e instrumentos iniciales y finales



- 1. 100% ...
- 2. 100% ...
- 3. 100% ...
- 4. 100% ...
- 5. 100% ...
- 6. 100% ...
- 7. 100% ...
- 8. 100% ...
- 9. 100% ...
- 10. 100% ...

PROJECT INFORMATION		PROJECT DATA		DESIGNER	
PROJECT NO.	PROJECT NAME	DATE	SCALE	DESIGNER	CHECKER
1001	RAW WATER INTAKE SYSTEM	10/10/00	AS SHOWN	J. L. ...	M. ...
REVISIONS		REVISIONS		REVISIONS	
NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD.	APP'D.
1	ISSUED FOR PERMITTING	10/10/00	J. L. ...		
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION	11/10/00	J. L. ...		

M-20713  
 DEMINERALIZED WATER  
 STORAGE TANK  
 45,000 GALLONS  
 18' x 9' DIA. SIZE  
 INLET FROM COATED



M-20718-5 A/B  
 DEAERATOR  
 FEED PUMPS  
 422 GPM @ 7.5 HP  
 338 FT. HD.

M-20718-1 A/B  
 REGENERATION DILUTION  
 WATER PUMPS  
 50 GPM @ 7.5 HP  
 100 FT. HD.

PROJECT INFORMATION		DRAWING INFORMATION		REVISIONS		SCALE		DATE	
NO.	DESCRIPTION	NO.	DATE	NO.	DATE	NO.	DATE	NO.	DATE
1	ISSUED FOR PERMIT	1	10/1/75	1	10/1/75	1	10/1/75	1	10/1/75
2	FOR CONSTRUCTION	2	10/1/75	2	10/1/75	2	10/1/75	2	10/1/75
3	AS NOTED	3	10/1/75	3	10/1/75	3	10/1/75	3	10/1/75
4	FOR REVIEW	4	10/1/75	4	10/1/75	4	10/1/75	4	10/1/75
5	FOR APPROVAL	5	10/1/75	5	10/1/75	5	10/1/75	5	10/1/75
6	FOR RECORD	6	10/1/75	6	10/1/75	6	10/1/75	6	10/1/75
7	FOR ARCHIVE	7	10/1/75	7	10/1/75	7	10/1/75	7	10/1/75
8	FOR DESTRUCTION	8	10/1/75	8	10/1/75	8	10/1/75	8	10/1/75
9	FOR REVISION	9	10/1/75	9	10/1/75	9	10/1/75	9	10/1/75
10	FOR CLOSURE	10	10/1/75	10	10/1/75	10	10/1/75	10	10/1/75

PROJECT: MONTAJE HRSG. EEGSA, MAURICIO - ESCUINTLA

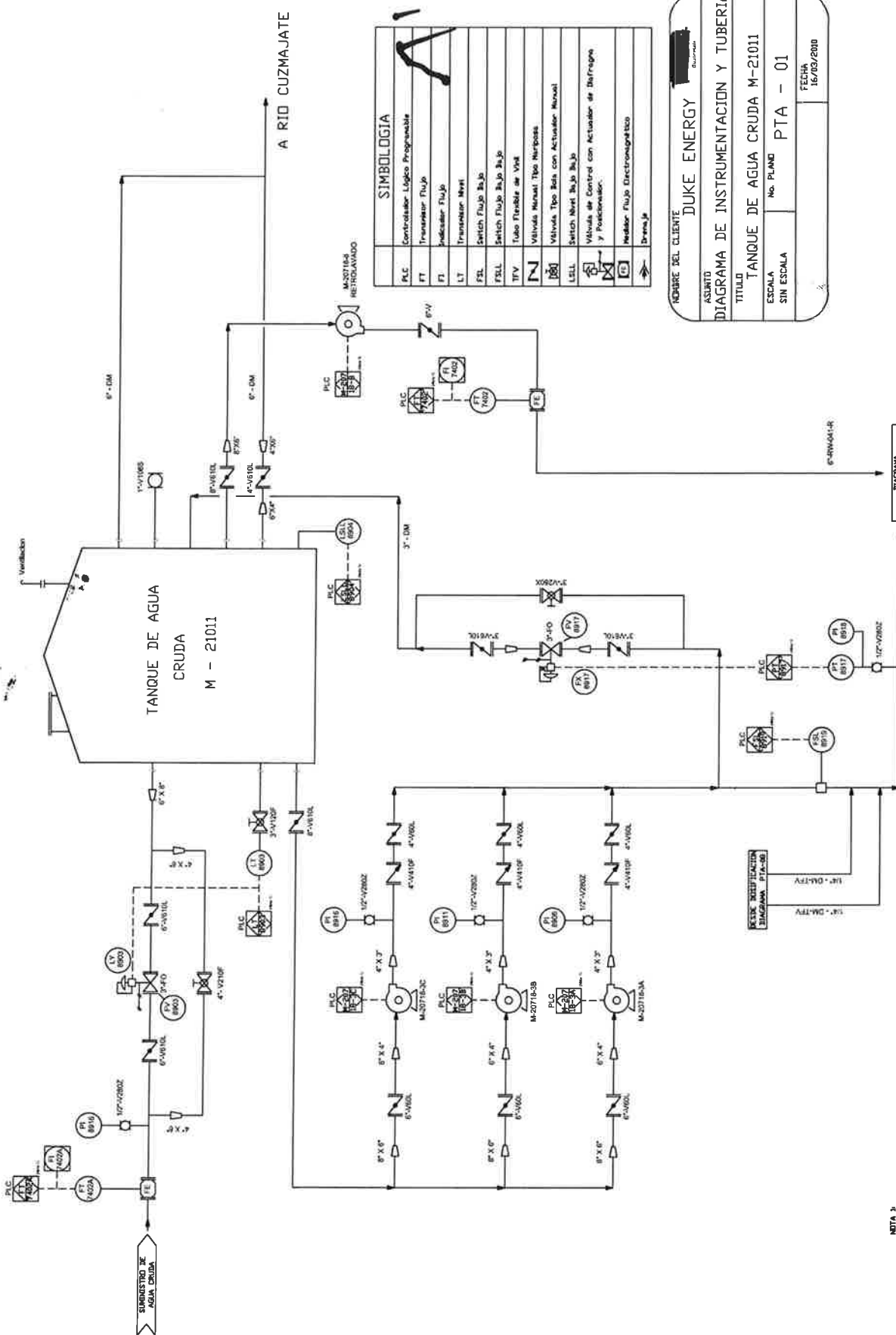
SCALE: AS SHOWN

DATE: 10/1/75

PROJECT NO: 2129

SCALE: 1/8" = 1'-0"

DATE: 10/1/75



**SIMBOLÓGIA**

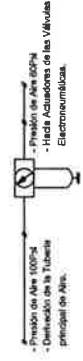
PLC	Controlador Lógico Programable
FT	Transmisor Flujo
FI	Indicador Flujo
LT	Transmisor Nivel
FSL	Switch Flujo Bajo
FSH	Switch Flujo Alto
TV	Tubo Flotante de Nivel
N	Valvula Manual Tipo Nipples
V	Valvula Tipo Bola con Actuador Manual
LSL	Switch Nivel Bajo
LSH	Switch Nivel Alto
CS	Valvula de Control con Actuador de Bifurcación y Posicionador
ES	Medidor Flujo Electromagnético
DR	Drainaje

NOMBRE DEL CLIENTE: **DUKE ENERGY**  
 ASIENTO: **DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA**  
 TITULO: **TANQUE DE AGUA CRUDA M-21011**  
 ESCALA: **SIN ESCALA** No. PLANO: **PTA - 01**  
 FECHA: **16/03/2010**

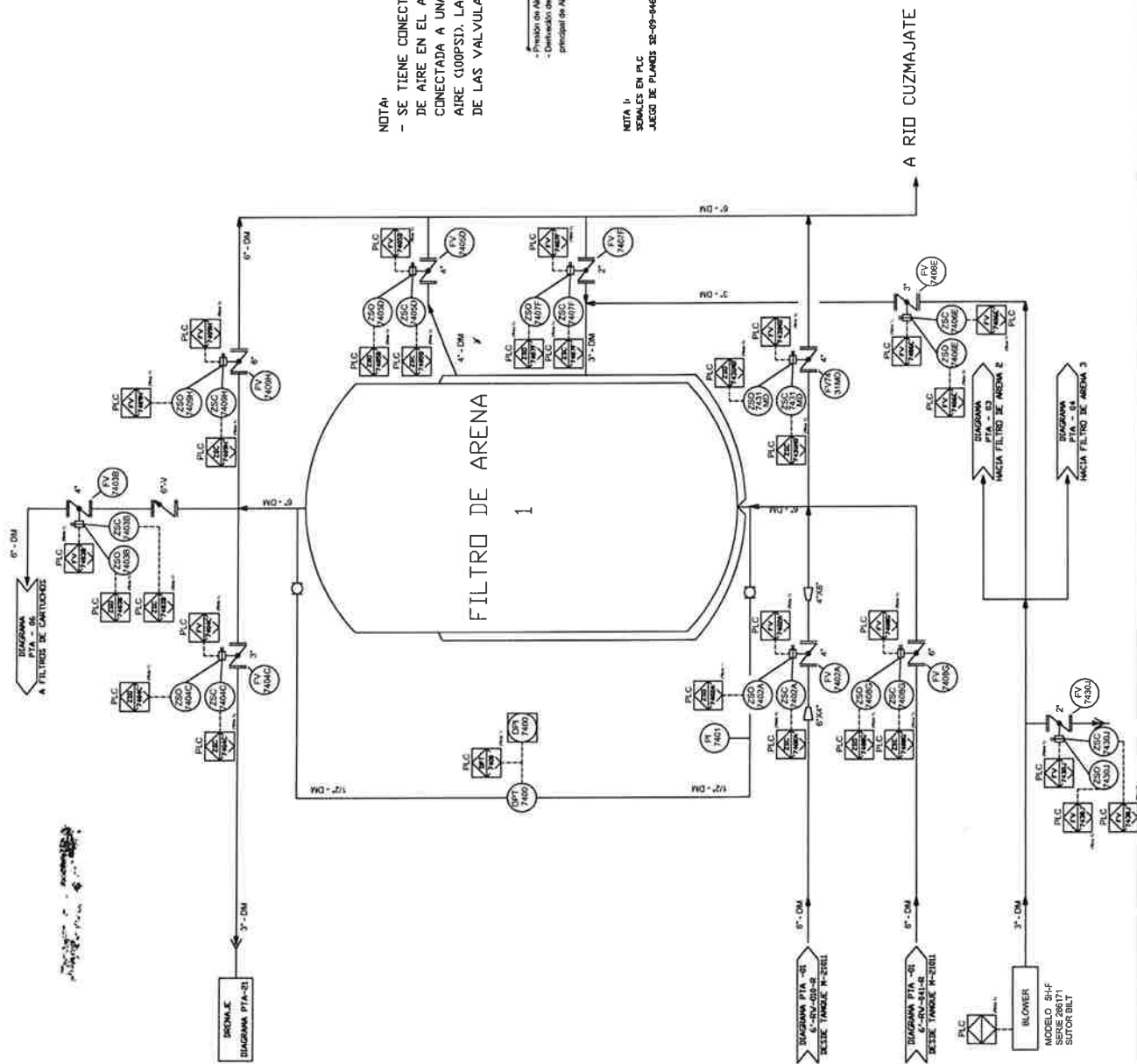
NOTA 3  
 SEÑALES EN PLC  
 JUEGO DE PLANOS 22-09-046-3, PAG 3

SIMBOLOGIA	
PLC	Controlador Lógico Programable
DP1	Transmisor Presión Diferencial
DP2	Indicador Presión Diferencial
PI	Indicador Presión
ZSD	Sensor Posición -Máximo-
ZSD	Sensor Posición -Cerrado-
DI	DIálogo PVO
EP	Actuador Electromagnético Doble Acción
N	Valvula Tipo Norbosa
↑	Arreglo Jr

NOTA:  
 - SE TIENE CONECTADO UNA VALVULA DE PASO Y UN REGULADOR DE AIRE EN EL AREA DEL FILTRO DE ARENA 1, LA CUAL ESTA CONECTADA A UNA DERIVACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE AIRE (100PSI). LA PRESION DE TRABAJO PARA LOS ACTUADORES DE LAS VALVULAS ELECTRONEUMATICAS ES DE 60 PSI.



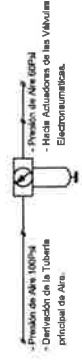
NOTA 1:  
 SEÑALES EN PLC  
 ARREGLO DE PLANOS 32-09-046-3, PAG. 3



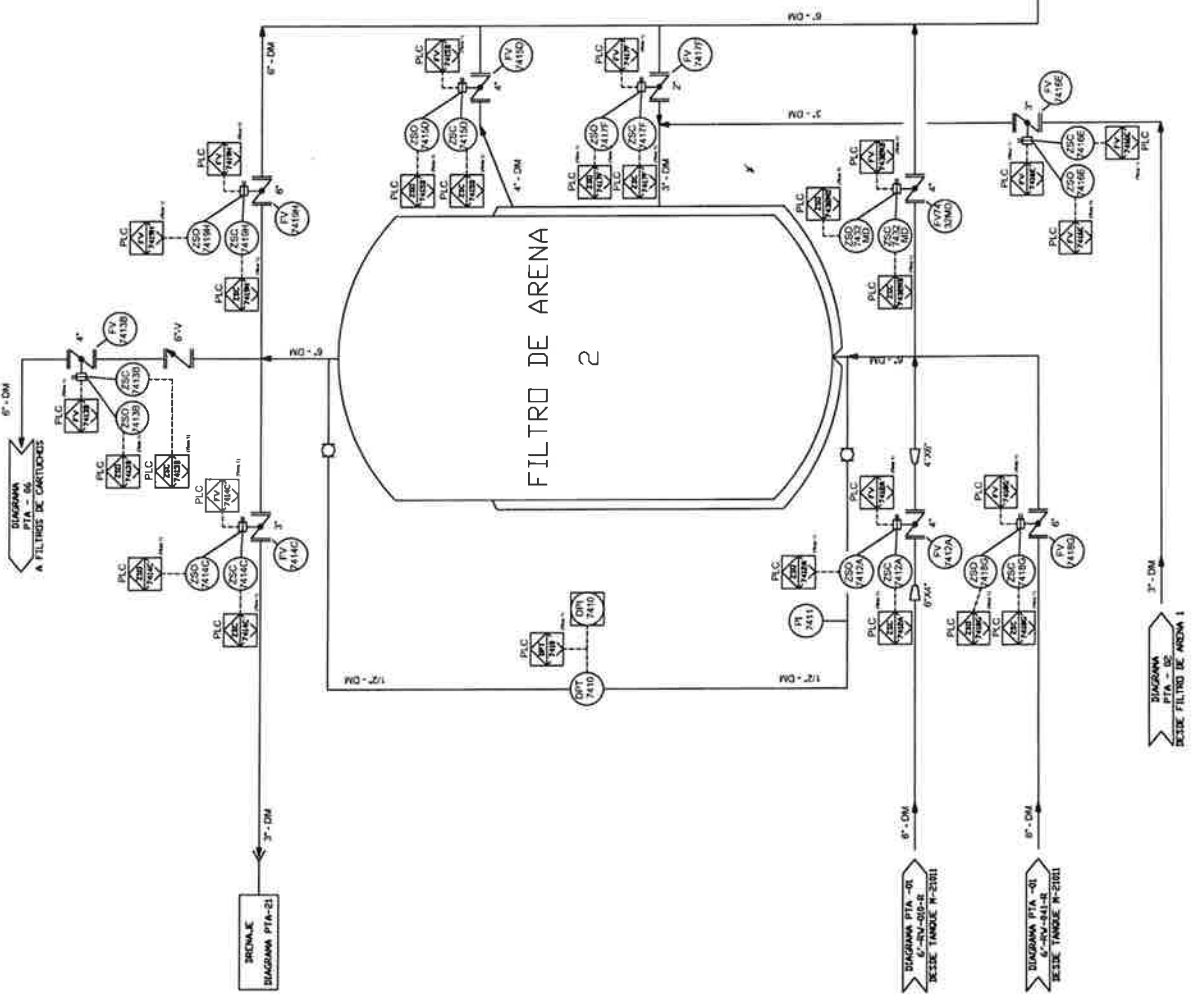
NOMBRE DEL CLIENTE		DUKE ENERGY
ASIENTO		
DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA		
TITULO		
ESCALA	No. PLANO	PTA - 02
SIN ESCALA		FECHA
		16/03/2010

SIMBOLOGIA	
PLC	Controlador Lógico Programable
DPT	Transmisor Presión Diferencial
IP1	Indicador Presión Diferencial
PI	Indicador Presión
Z10	Sensor Posición -Abierto-
Z10	Sensor Posición -Cerrado-
DK	Manómetro
EP	Actuador Electromecánico Doble Acción
N	Valvula Tipo Murpessa
↑	3WVAJ

NOTA:  
 - SE TIENE CONECTADO UNA VALVULA DE PASO Y UN REGULADOR DE AIRE EN EL AREA DEL FILTRO DE ARENA 2, LA CUAL ESTA CONECTADA A UNA DERIVACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE AIRE (100PSI). LA PRESION DE TRABAJO PARA LOS ACTUADORES DE LAS VALVULAS ELECTRONEUMATICAS ES DE 60 PSI.



NOTA 1:  
 SEÑALES DE PLC  
 JUEGO DE PLANES SE-09-046-3, PAG. 3

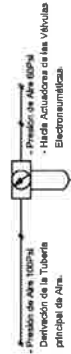


NOMBRE DEL CLIENTE DUKE ENERGY	
ASUNTO DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA	
TITULO FILTRO DE ARENA 2	
ESCALA SIN ESCALA	No. PLANO PTA - 03
FECHA 16/03/2010	

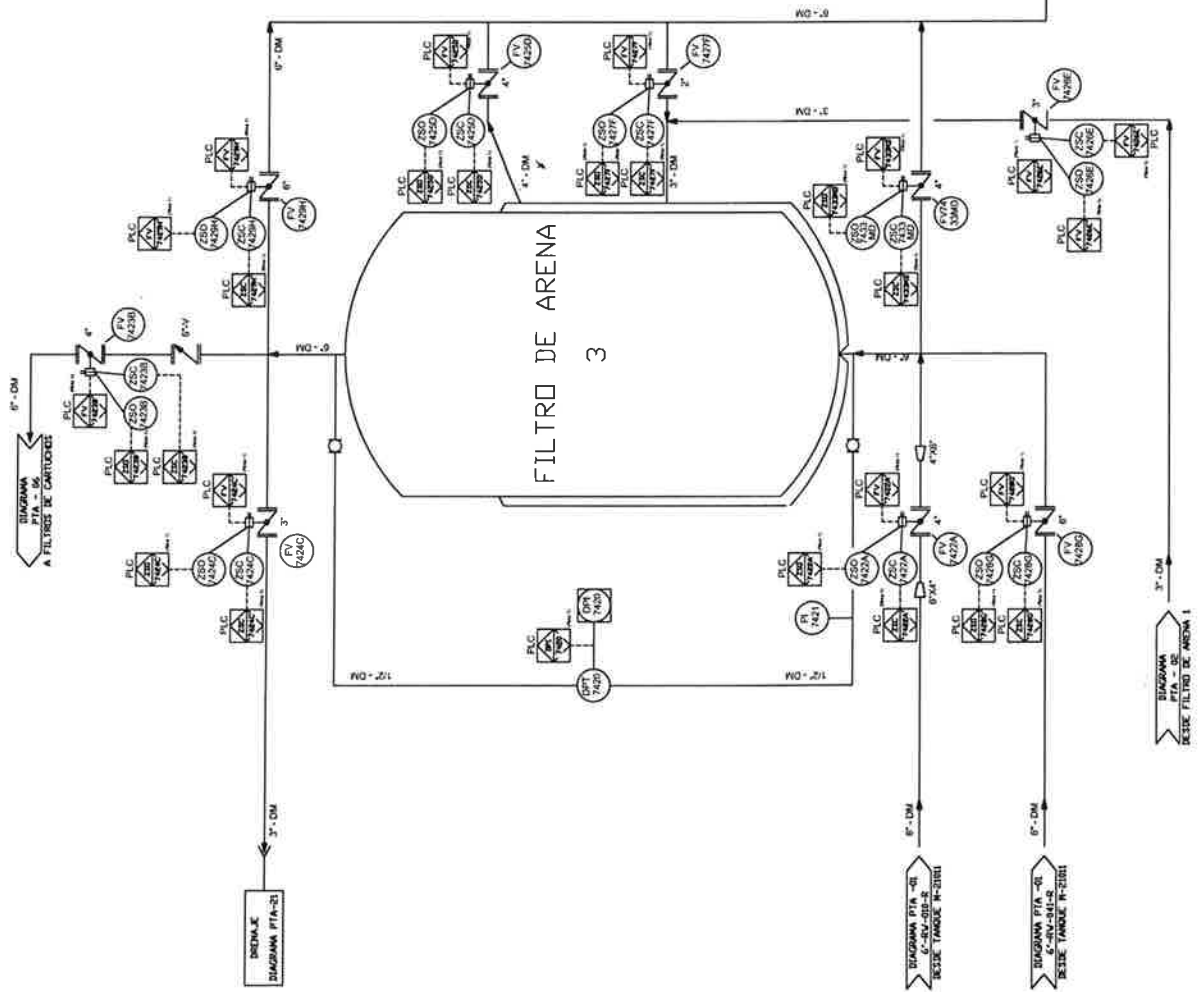
A RID CUZMAJATE

SIMBOLÓGIA	
PLC	Controlador Lógico Programable
DPI	Transmisor Presión Diferencial
DPI	Indicador Presión Diferencial
PI	Indicador Presión
ZSD	Sensor Posición -Abierto-
ZSD	Sensor Posición -Cerrado-
DN	Manómetro
EA	Actuador Electro-neumático Doble Acción
VA	Valvula Tipo Mariposa
↑	Prensa-Je

NOTA:  
 - SE TIENE CONECTADO UNA VALVULA DE PASO Y UN REGULADOR DE AIRE EN EL AREA DEL FILTRO DE ARENA 3, LA CUAL ESTA CONECTADA A UNA DERIVACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE AIRE (100PSI). LA PRESION DE TRABAJO PARA LOS ACTUADORES DE LAS VALVULAS ELECTRONEUMATICAS ES DE 60 PSI.



NOTA 1:  
 SEÑALES DE PLC  
 JUEGO DE PLUMAS SS-09-416-3, PAG. 3



NOMBRE DEL CLIENTE: **DUKE ENERGY**  
 ASUNTO: **DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA**  
 TITULO: **FILTRO DE ARENA 3**  
 ESCALA: **SIN ESCALA**  
 No. PLANO: **PTA - 04**  
 FECHA: **18/03/2010**



**SIMBOLOGIA**

PLC	Controlador Lógico Programable
PH	Analizador PH
AT	Analizador AT
AE	Electrodo PH
BPT	Transmisor Presión Bifenético
BPI	Indicador Presión Bifenético
PSL	Switch Presión Bajo
TSL	Switch Temperatura Bajo
IV	Válvula Manual
DM	Motor
TV	Tubo Flexible de Vial
V	Válvula Tipo Marbaca
T	Actuador Manual
V	Válvula Tipo Bola
ZSD	Sensor Posición -Nivel-
ZSC	Sensor Posición -Cerrado-
↑	Drainaje

NOMBRE DEL CLIENTE: **DUKE ENERGY**

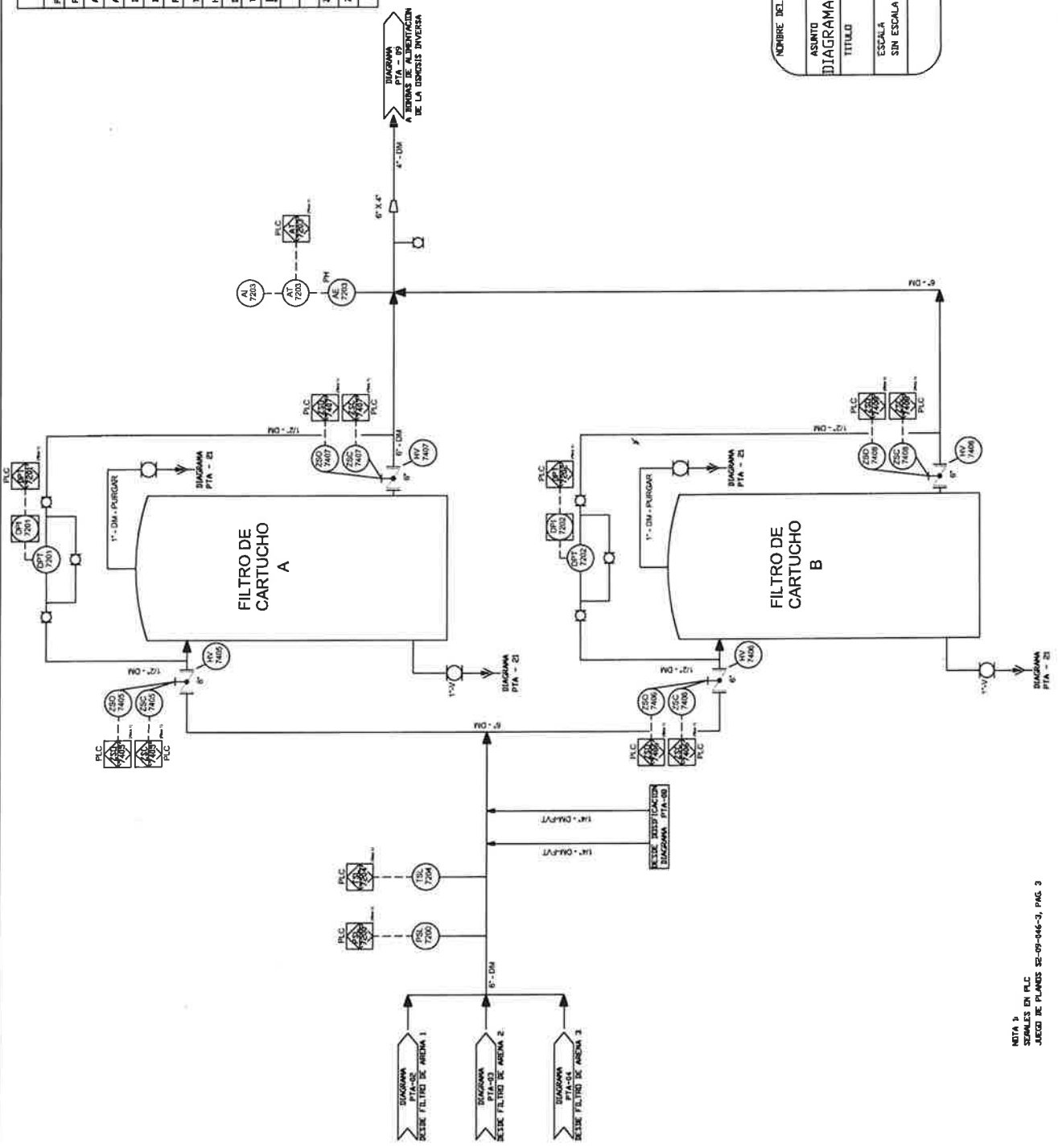
ASUNTO: **DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA**

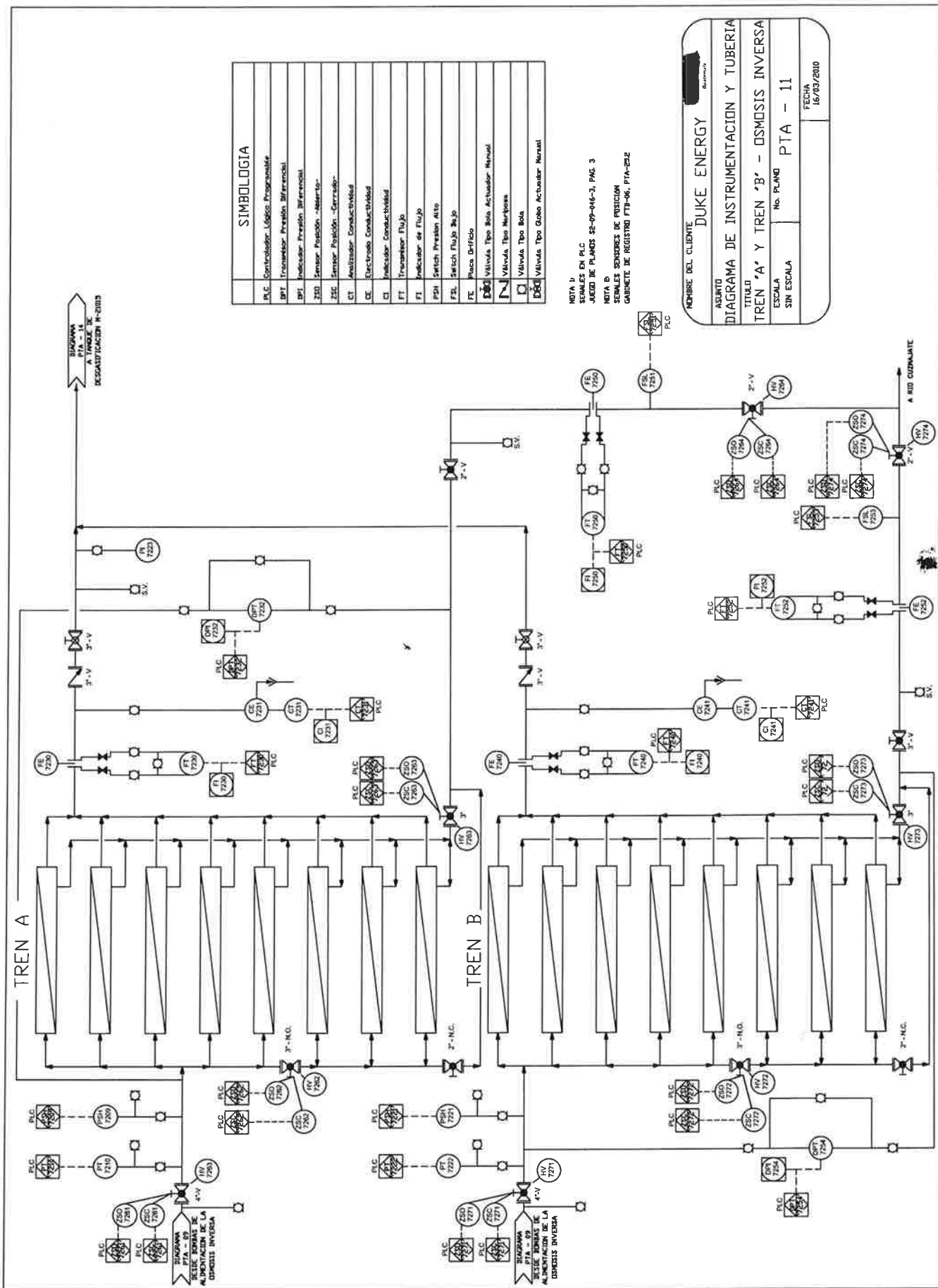
TITULO: **FILTROS DE CARTUCHOS**

ESCALA: **SIN ESCALA**

No. PLANO: **PTA - 06**

FECHA: **16/03/2010**





**SIMBOLOGIA**

RLC	Controlador Lógico Programable
BPT	Transmisor Presión Diferencial
BPI	Indicador Presión Diferencial
ZSD	Sensor Posición - Abierto
ZSC	Sensor Posición - Cerrado
CT	Análizador Conductividad
CE	Electrodo Conductividad
CI	Indicador Conductividad
FT	Transmisor Flujo
FI	Indicador de Flujo
FSI	Switch Presión Alto
FFL	Switch Flujo Bajo
FE	Acua Defectuoso
FV	Valvula Tipo Bola Actuador Manual
DV	Valvula Tipo Mariposa
Q	Valvula Tipo Bola
DQ	Valvula Tipo Globo Actuador Manual

NOTA 1:  
SENALES EN PLC  
AJUSTO DE PLANDS S2-09-146-3, PAG. 3

NOTA 2:  
SENALES SENSORES DE PRESION  
GABINETE DE REGISTRO FTB-06, PTA-262

**DUKE ENERGY**

**ASISTO**

**DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA**

**TITULO**

**TREN 'A' Y TREN 'B' - OSMOSIS INVERSA**

**ESCALA**      No. PLANO    PTA - 11

**FECHA**  
16/03/2010

SIMBOLOGIA	
PLC	Controlador Lógico Programable
PI	Indicador Presión
PSL	Switch Presión Bajo
PSH	Switch Presión Alto
SV	Válvula Solenoides
SV	Válvula Solenoide
SV	Válvula Tipo Bala
SV	Válvula Check
SV	Válvula Tipo Globo
T	Actuador Manual
N	Válvula Tipo Herpos Actuator de Refrigera

HOMBRE DEL CLIENTE  
DUKE ENERGY

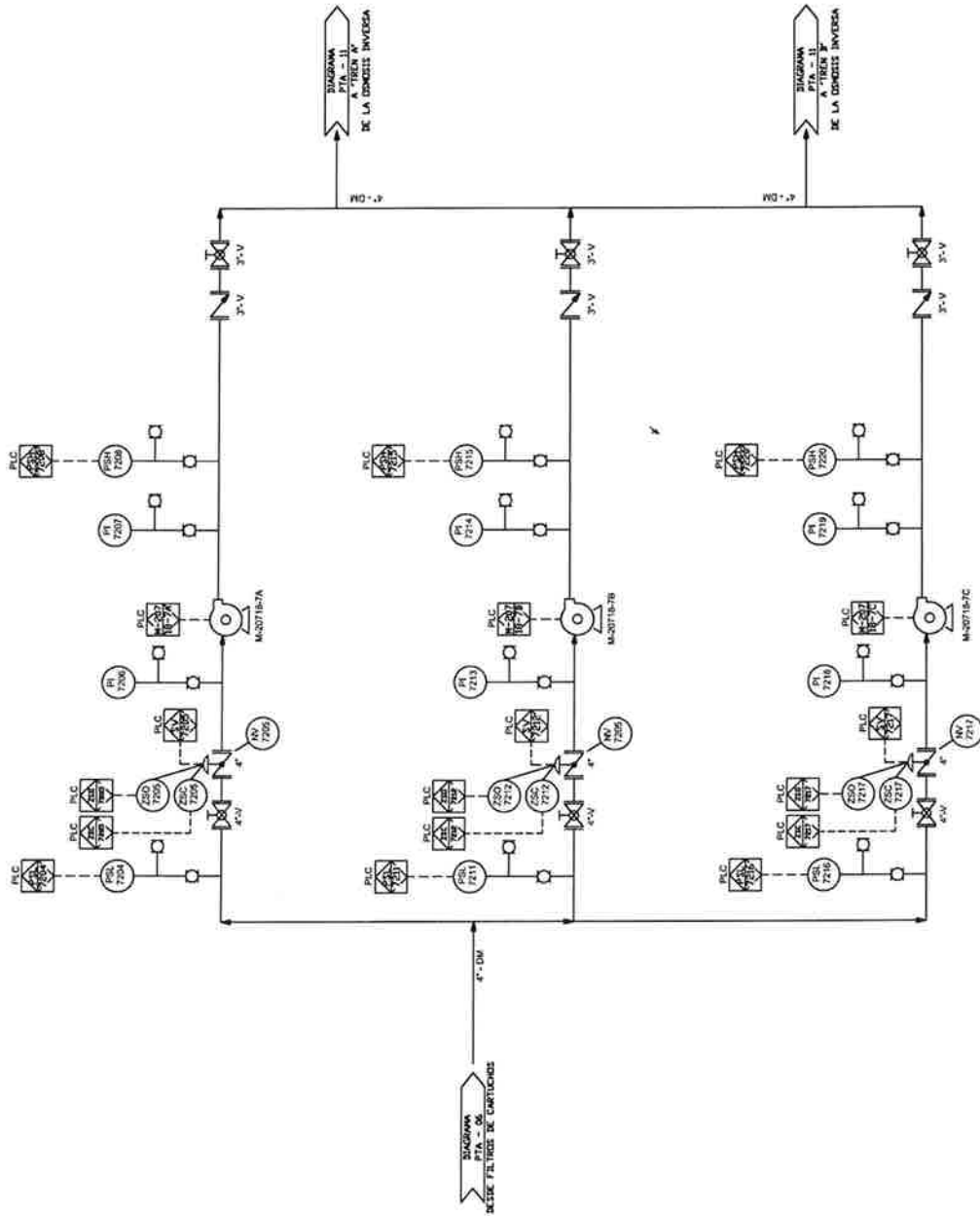
ASUNTO  
DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA

TITULO  
BOMBAS-ALIMENTACION OSMOSIS INVERSA

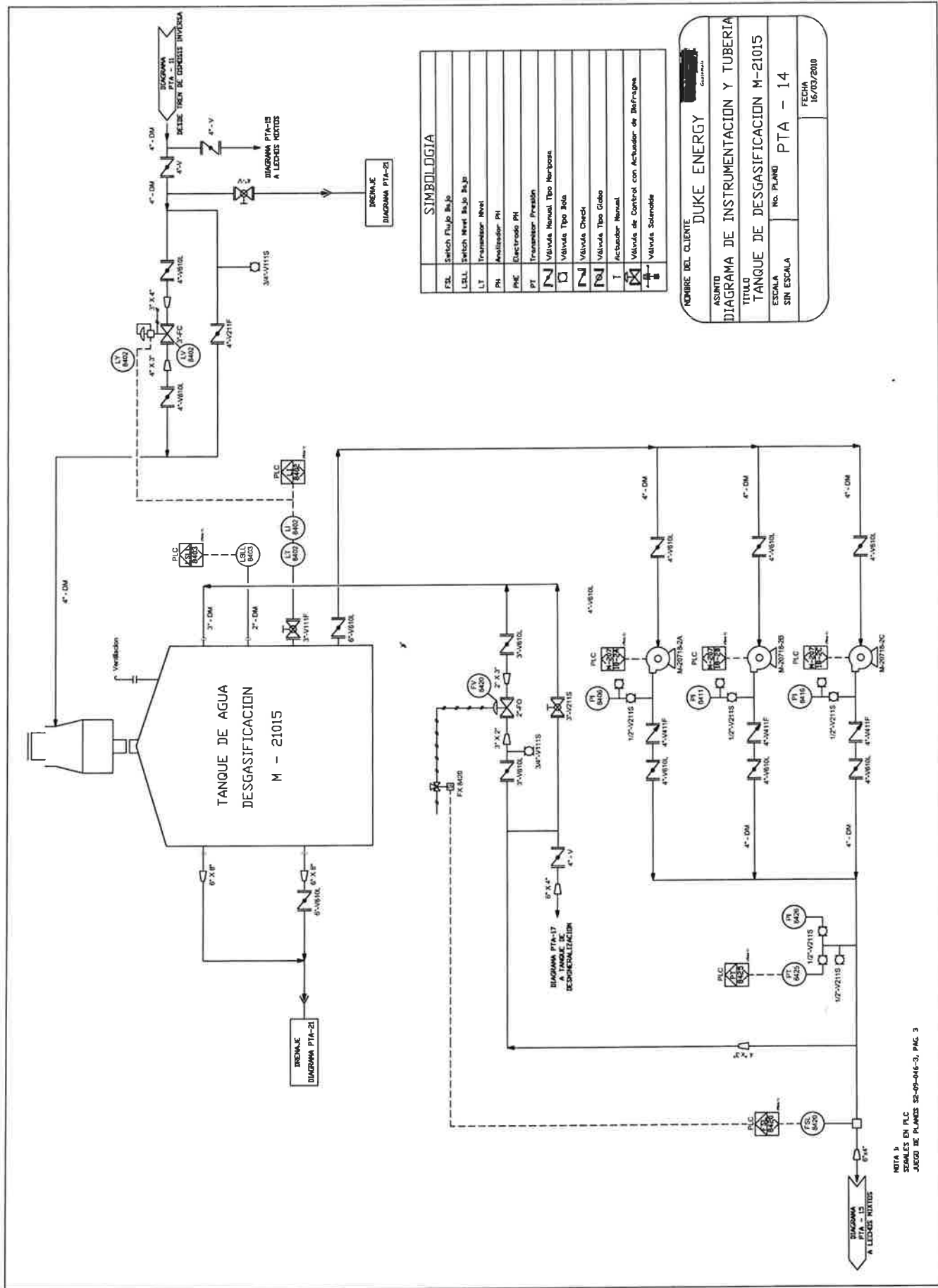
ESCALA  
SIN ESCALA

No. PLANO  
PTA - 09

FECHA  
16/03/2000



NOTA 1  
SEÑALES EN PLC  
JUEGO DE PLANOS SS-09-046-3, PÁG. 3



**SIMBOLÓGIA**

FSL	Switch Nivel Bajo Bajo
LELL	Switch Nivel Bajo Bajo
LT	Transmisor Nivel
PH	Medidor PH
PHE	Electrodo PH
PT	Transmisor Presión
N	Valvula Manual Tipo Boroposa
N	Valvula Tipo Bola
N	Valvula Check
N	Valvula Tipo Globo
T	Actuador Manual
N	Valvula de Control con Actuador de Boroposa
N	Valvula Solenoide

**DUKE ENERGY**

ASUNTO: **DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA**

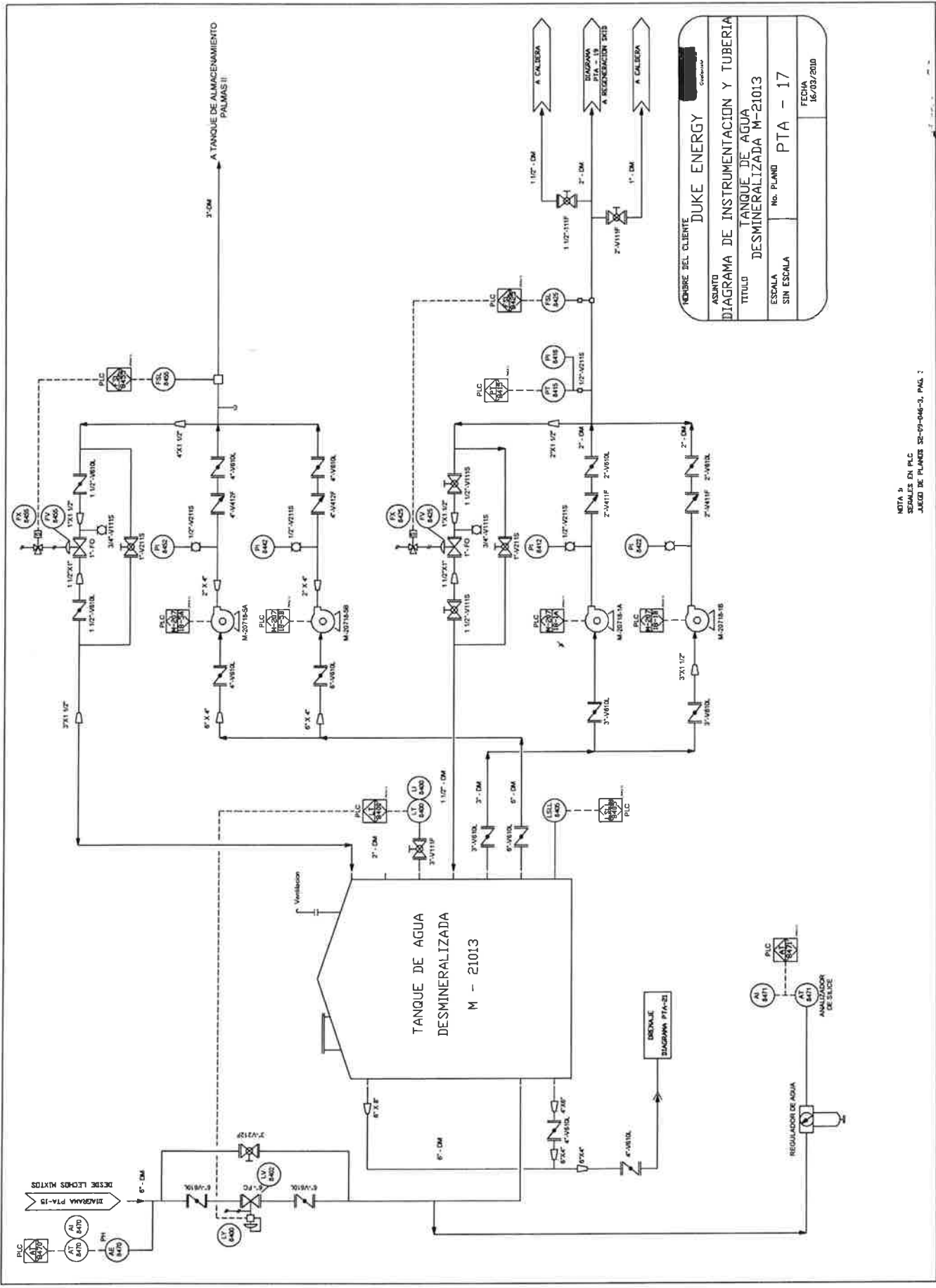
TITULO: **TANQUE DE DEGASIFICACION M-21015**

ESCALA: **NO PLANI**

PTA - 14

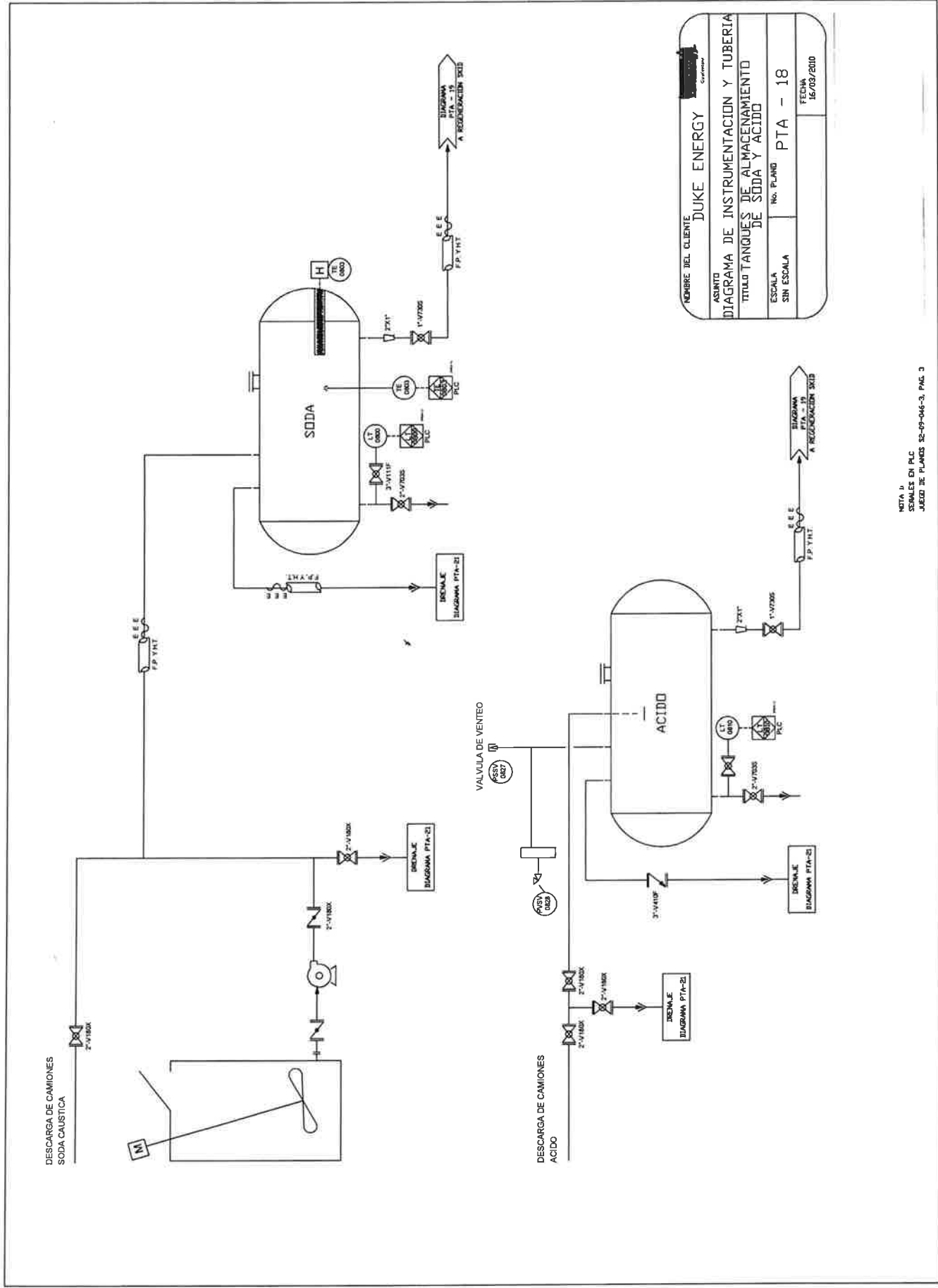
FECHA: 10/03/2010

NOTA 1:  
SEMILES EN PLC  
JABON DE PUMES SE-09-046-3, PAG. 3



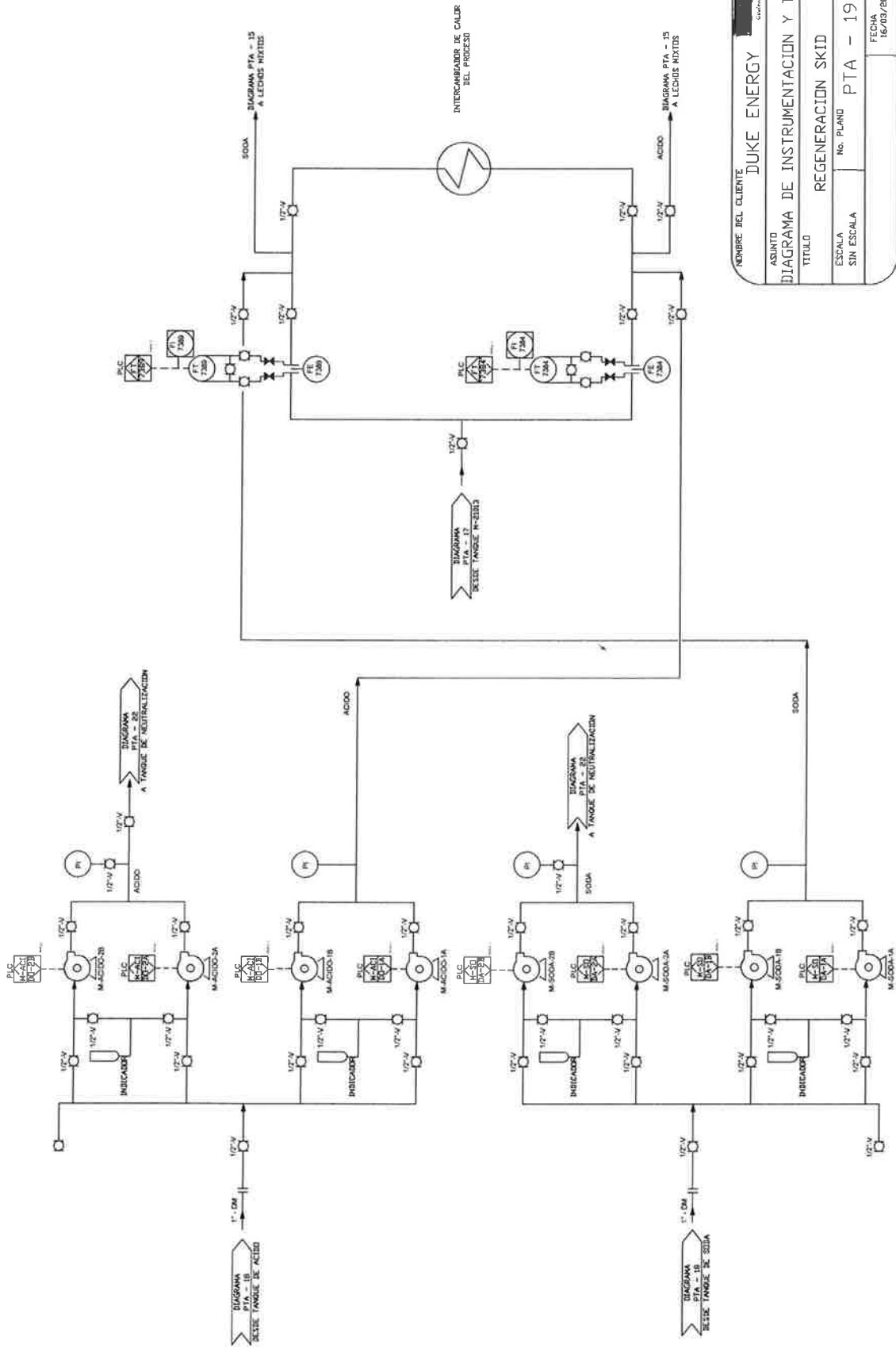
NOMBRE DEL CLIENTE <b>DUKE ENERGY</b>	
ASUNTO	DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA
TITULO	TANQUE DE AGUA DESMINERALIZADA M-21013
ESCALA	SIN ESCALA
No. PLANO	PTA - 17
FECHA	16/03/2010

NOTA 3:  
SEÑALES EN PLC  
JACOBO DE PLANES SE-09-046-3, PAG. 7



NOMBRE DEL CLIENTE <b>DUKE ENERGY</b>	
ASUNTO <b>DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA</b>	
TITULO TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SODA Y ACIDO	
ESCALA SIN ESCALA	No. PLANO <b>PTA - 18</b>
FECHA <b>16/03/2010</b>	

NOTA D  
SEMILES EN PLC  
JUEVES DE PLUMBOS 32-05-046-3, PAG. 3



NOMBRE DEL CLIENTE <b>DUKE ENERGY</b>	
ASUNTO <b>DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y TUBERIA</b>	
TITULO <b>REGENERACION SKID</b>	
ESCALA SIN ESCALA	Nº. PLANO <b>PTA - 19</b>
FECHA 16/03/2010	

NOTA 1:  
SERIES EN PLC  
JUEGO DE PLANOS SE-09-046-3, PAG. 3