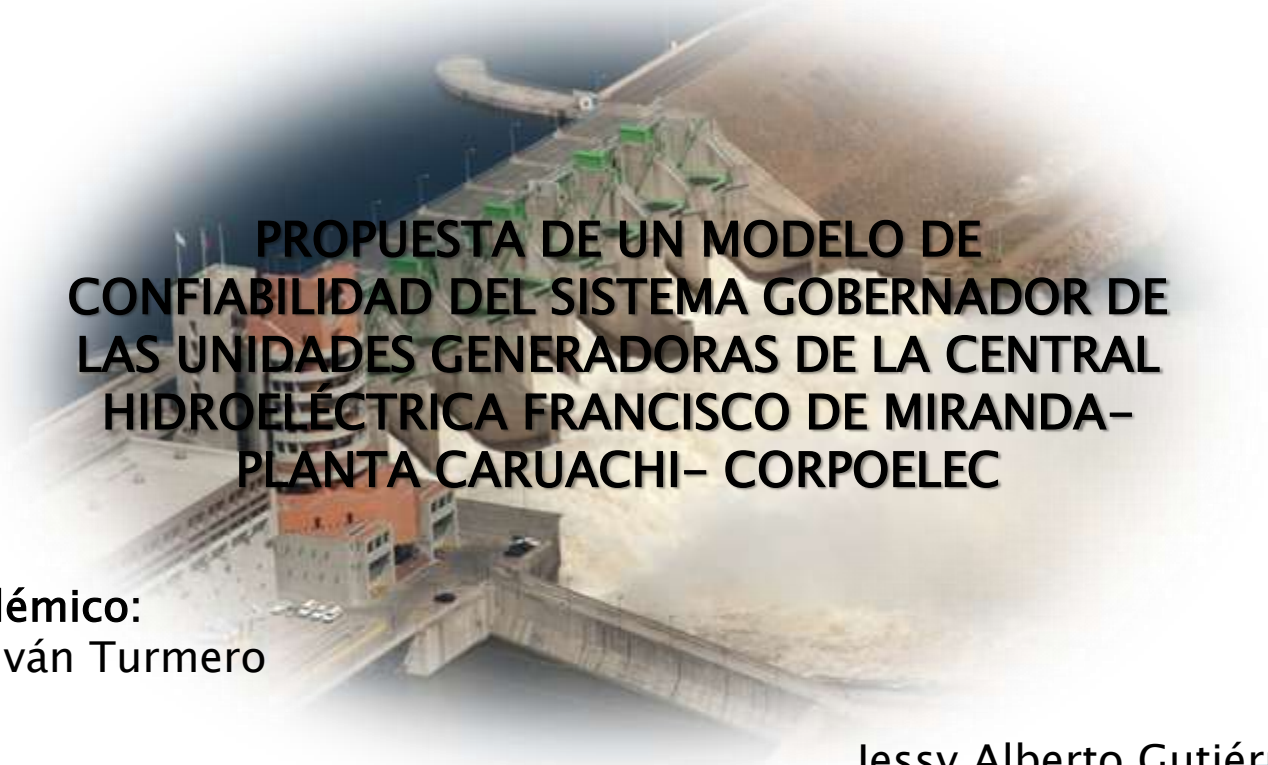
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO



PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI- CORPOELEC

Tutor Académico:
MSc. Ing. Iván Turmero

Autor:
Jessy Alberto Gutiérrez Assante

Tutor Industrial
Ing. Loyda Isasis

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DE 2015

Índice de Contenidos

- Introducción
- Generalidades de la empresa
- El Problema
- Diseño Metodológico
- Situación Actual
- Análisis y Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía

Introducción

Corpoelec, es la empresa de generación hidroeléctrica que posee Venezuela. Opera principalmente las Centrales Hidroeléctricas Simón Bolívar en Guri con una capacidad instalada de 10.000 Megavatios, considerando la tercera en importancia en el mundo, la Central Hidroeléctrica Antonio José de Sucre en Macagua con una capacidad instalada de 3.140 Megavatios y la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda en Caruachi, con una capacidad instalada de 2.280 Megavatios

La Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica "Francisco de Miranda" (Planta Caruachi) alberga 12 unidades generadoras tipo Kaplan de 180 Megavatios cada una, con una capacidad instalada total de 2.280 Megavatios.

La investigación está dirigida a fortalecer la base de datos de tipo estadístico de la Central Hidroeléctrica, a partir del Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras, actualmente en servicio y disponible.

Descripción de la Empresa

CORPOELEC, empresa eléctrica socialista, adscrita al Ministerio del Poder Popular de Energía Eléctrica, es una institución que nació con la visión de reorganizar y unificar el sector eléctrico venezolano a fin de garantizar la prestación de un servicio eléctrico confiable, incluyente y con sentido social.

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda está situada sobre el Río Caroní, a 59 Km. aguas abajo del Embalse de Gurí. En el área del proyecto, el río discurre sobre un lecho rocoso interrumpido por numerosas islas y su anchura es de aproximadamente 1.700 m a la cota 55,00 m.s.n.m.

La Casa de Máquinas está construida por 12 monolitos que albergan 12 unidades generadoras con Turbinas Kaplan, sus correspondientes Naves de Servicios y una Nave de Montaje de 60 m de longitud. La Nave de Generadores tiene un ancho de 25,65 m y la Plataforma de Transformadores se ubicara a la Elevación 64,50 m.s.n.m con un ancho de 32,15 m.

El Aliviadero tiene una capacidad de descarga igual a la del Aliviadero de Guri, (30.000 m^3/seg.) con una longitud de 178,16m., borde de descarga a la Elevación de 70,55 y nueve (9) compuertas radiales con dimensiones de 15,24 m. de ancho por 21,66 m.

El Edificio de Operación y Control (EOC) es uno de los elementos más importantes en la obra, destacando su concepción arquitectónica que integra 3 edificios en uno

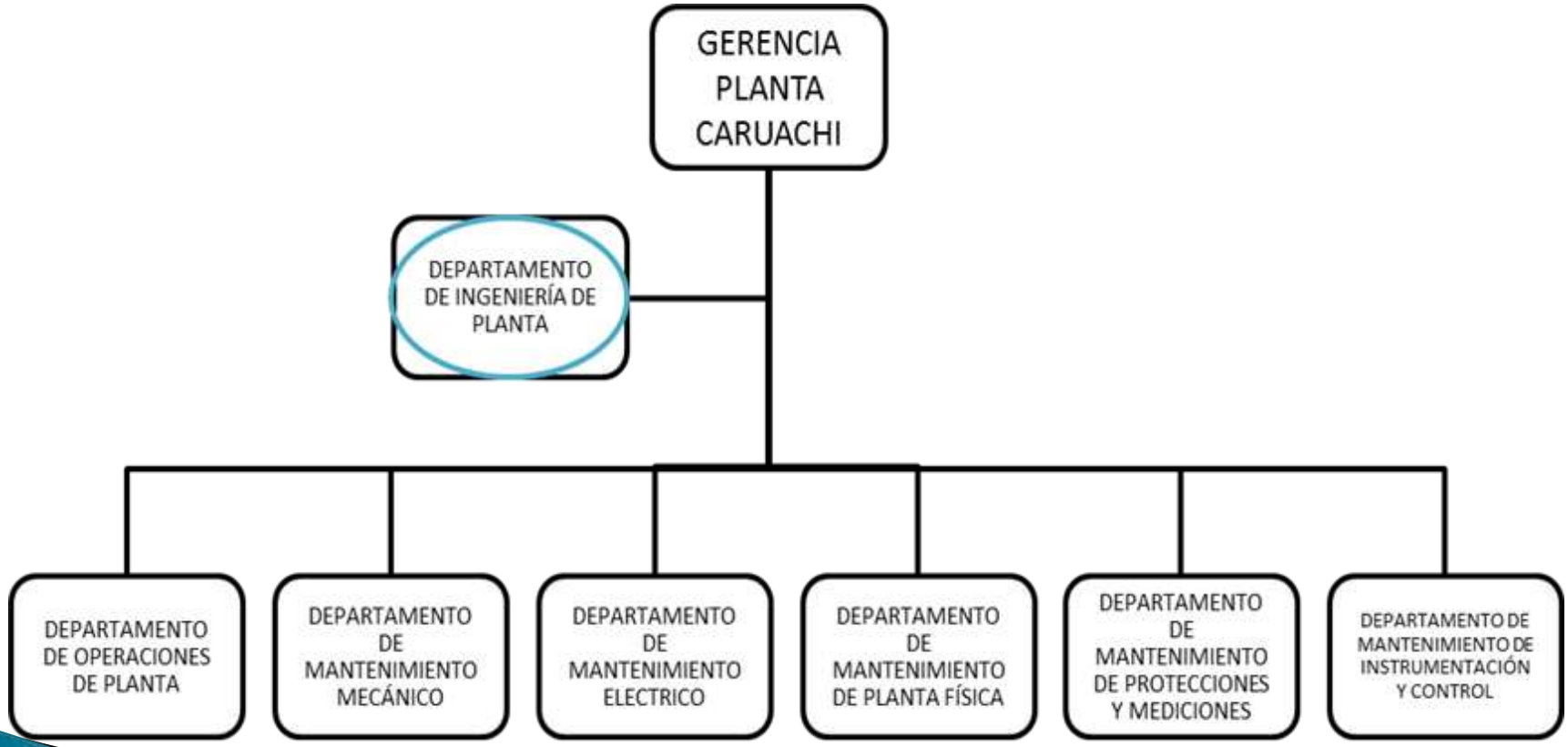
Misión

- Desarrollar, proporcionar y garantizar un servicio eléctrico de calidad, eficiente, confiable, con sentido social y sostenibilidad, en todo el territorio nacional, a través de la utilización de tecnología de vanguardia en la ejecución de los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización del Sistema Eléctrico Nacional, integrado a la comunidad organizada, proveedores y trabajadores calificados, motivados y comprometidos con valores éticos socialistas para contribuir con el desarrollo político, social y económico del país.

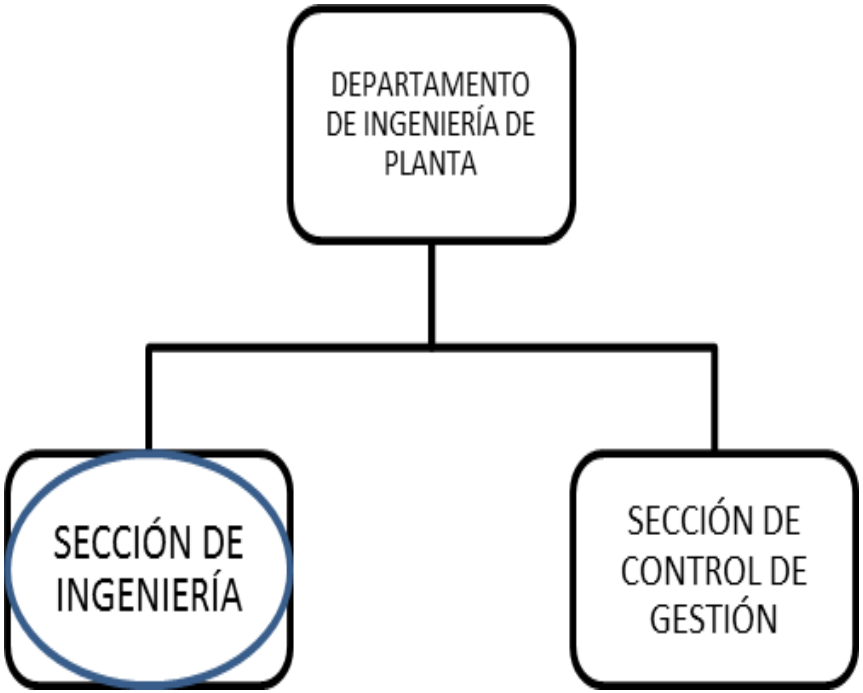
Visión

- Ser una Corporación con ética y carácter socialista, modelo en la prestación de servicio público, garante del suministro de energía eléctrica con eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad financiera. Con un talento humano capacitado, que promueva la capacitación de las comunidades organizadas en la gestión de la Corporación, en concordancia con las políticas del Estado para apalancar el desarrollo y el progreso del país, asegurando con ello calidad de vida para todo el pueblo venezolano.

Estructura Organizativa de Planta Caruachi



Estructura Organizativa de la Coordinación de Ingeniería de Planta



Antecedentes del problema

CORPOELEC, posee una extensa red de líneas de transmisión. Cuyo sistema a 800 mil voltios es el quinto sistema instalado en el mundo con líneas de Ultra Alta Tensión en operación , El Centro de Generación Sur de CORPOELEC ha aportado más del 70% de la producción nacional de electricidad a través de sus grandes Centrales Hidroeléctricas.

La responsable de operar y mantener la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda es la Gerencia de Planta Caruachi, la cual posee adscrita siete Coordinaciones entre ellas la Coordinación de Ingeniería de Planta Caruachi cuyo objetivo general es integrar, consolidar y mejorar las prácticas de mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda

- Como es típico y normal en cualquier proceso productivo se presentan eventualmente tanto Fallas como Salidas de Emergencia las cuales son llamadas Salidas Forzadas así como las Paradas programadas por Mantenimiento de las Unidades Generadoras

- Con esta información se hacen estudios de la Confiabilidad y de análisis de modos y efectos de fallas.

El Problema

Los estudios de Confiabilidad que lleva la Coordinación de Ingeniería de Planta Caruachi actualmente consideran la Unidad Generadora como un macro-sistema y aunque cuentan con detalles de los subsistemas que generan los distintos eventos de salidas, no cuenta con la Confiabilidad del Sistema Gobernador

No se especifica un Modelo de Confiabilidad de cada uno de los Sub-Sistemas del Gobernador lo cual es vital importancia ya que pueden ser tomados en cuenta para que se puedan atender específicamente y con tiempo cada uno de los mantenimientos

Por lo tanto, se realizó un Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras el cual abarco el estudio de características, descripción del funcionamiento de cada uno de los Sub-Sistemas propios del Gobernador e interrelacionados con el Sistema.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador instalados en las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda “Planta Caruachi” , CORPOELEC

Objetivos Específicos

1. Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador
2. Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.
3. Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador
4. Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador
5. Evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades realizadas por la Coordinación de Ingeniería de Planta.

Alcance

- Este trabajo de investigación se realizó en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, con la Coordinación de Ingeniería de Planta especialmente en la Sección de Ingeniería y consiste en el Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas en las Unidades Generadoras

Se estudiaron las diferentes funciones del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas con la finalidad de alimentar la información para la base de datos en cuanto a la Confiabilidad Teórica del Sistema para complementar las herramientas para la toma de decisiones en pro de reducir las Salidas Forzadas.

Delimitaciones

- La presente investigación estuvo enfocada a realizar un Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador. Este estudio se realizó en un tiempo programado de 24 semanas comprendidas desde el 23 de Febrero de 2015 hasta el 07 de Agosto de 2015.

Limitaciones

- Las limitaciones del desarrollo de la presente investigación se deben en gran parte a que este tipo estudio de Confiabilidad no se ha implementado específicamente en todos los Sistemas en la planta, por lo cual fue necesario lograr definir de forma eficiente las variables objeto de estudio para poder desarrollar los Estudios del Modelo de Confiabilidad

Justificación e Importancia del Trabajo

- La presente investigación surgió como una necesidad para la Coordinación de Ingeniería de Planta, de optimizar y mejorar los Estudios de Confiabilidad de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

Diseño Metodológico

Tipo de Estudio

Fue un análisis descriptivo debido a que en este trabajo se describieron detalladamente bajo una secuencia lógica de operación de cada uno de los Subsistemas

Fue un análisis analítico ya que se busca de manera profunda encontrar todos los funcionamientos del Sistema Gobernador.

Descriptivo-Explicativo

Diseño Metodológico

Diseño de la Investigación.

Se define como el procedimiento de donde y cuando se recopila la información

Podemos decir que fue de tipo multivariable

La información fue recogida dentro un ambiente natural (personal de la sección de Ingeniería).

Eventos de Estudios (Variables)

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Observación
Variable Independiente: Sistema de Gobernación	Es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener constante la velocidad a la máquina	Es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener la velocidad constante, garantizando así el equilibrio entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica a frecuencia constante	-Parada de los motores de Gobernador por Potencia. -Daños a los equipos de medición.
Variable Dependiente: Disminución de la productividad de energía	Es cuando existen anomalías y cae la producción de la empresa.	Es cuando ciertos equipos tienden a fallar y hacen que Corpoelec tenga pérdidas económicas en su producción.	-Factor costo/tiempo. -Ineficiencia al sistema nacional.

Población y Muestra.

La población de la presente investigación estuvo formada por el Sistema Gobernador instalado en las doce (12) Unidades Generadoras de la casa de máquinas de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda de la empresa Corpoelec. Según González (2000), "constituye la totalidad de un grupo de elementos u objetos que se quiere investigar, es el conjunto de todos los casos que concuerdan con lo que se pretende investigar" (p.98). La muestra está comprendida por el Gobernador de las doce (12) Unidades Generadoras cuyas características técnicas y de instalación son iguales.

Procedimiento Metodológico

Se hizo una revisión y evaluación de las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador, según el manual de operación y mantenimiento del Gobernador de Potencia de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

Por medio de visitas a la Casa de Máquinas e interpretación de planos del manual de operación y mantenimiento del Gobernador se identificaron las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre los componentes del Sistema gobernador.

Luego de identificar interrelaciones operativas por cada Sub-Sistemas se definió de manera estadística las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.

Una vez definida las confiabilidades por componentes se armó el Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador tomando en cuenta las interrelaciones entre los Sistemas.

Una vez Diseñado el Modelo de Confiabilidad se realizó una evaluación del Impacto que tiene este estudio en la optimización de las actividades que realiza el departamento de Ingeniería de Planta.

Situación Actual

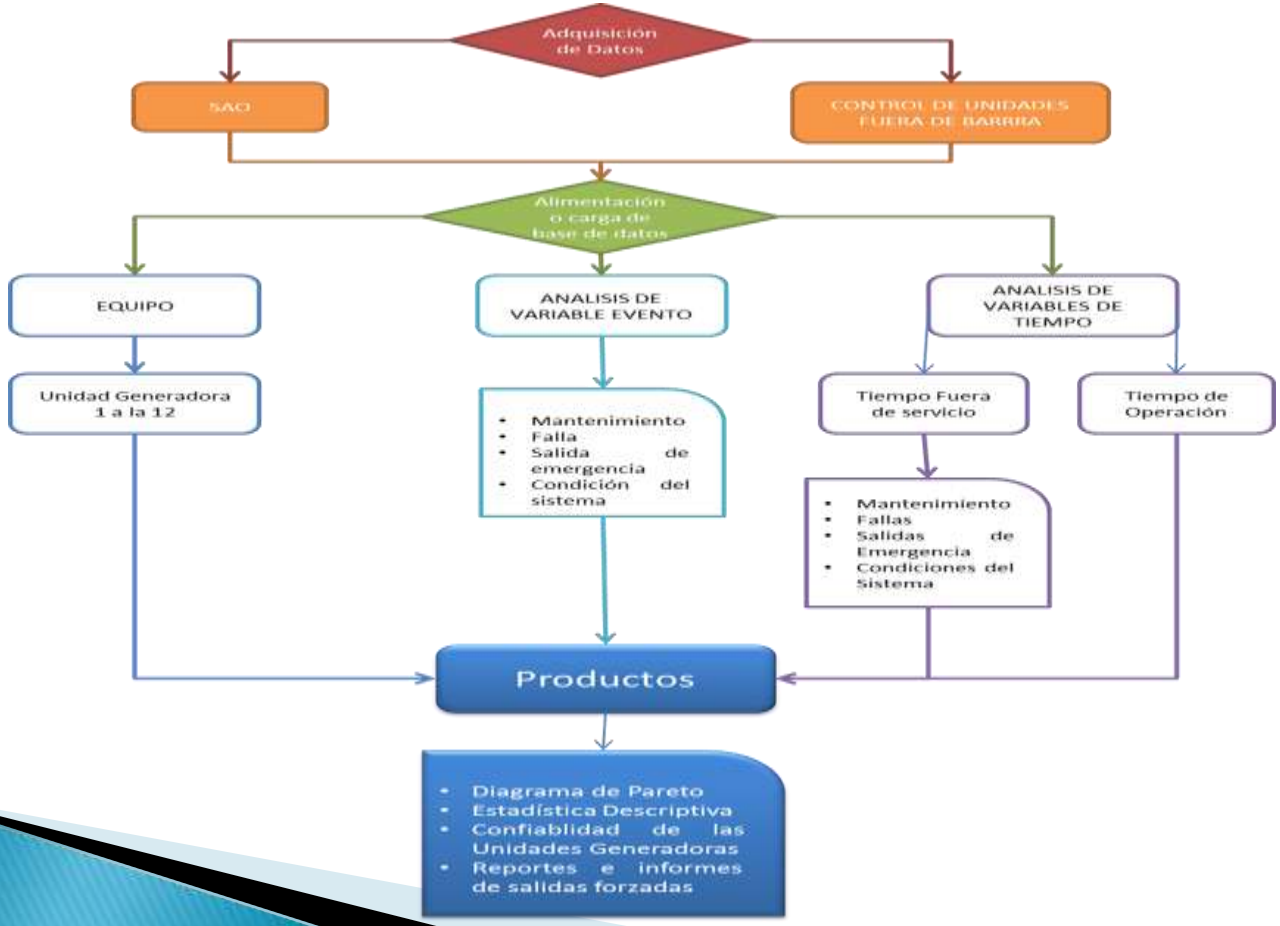
- Se muestran los aspectos referentes a la situación actual de la Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras.

Las diferentes paradas son contabilizadas, estudiadas sus causas y el tiempo por el cual dejaron de estar en funcionamiento, estos datos son considerados para alimentar la base de datos y se apoya para obtener información de los registros de la desconexión (salidas) de las Unidades Generadoras

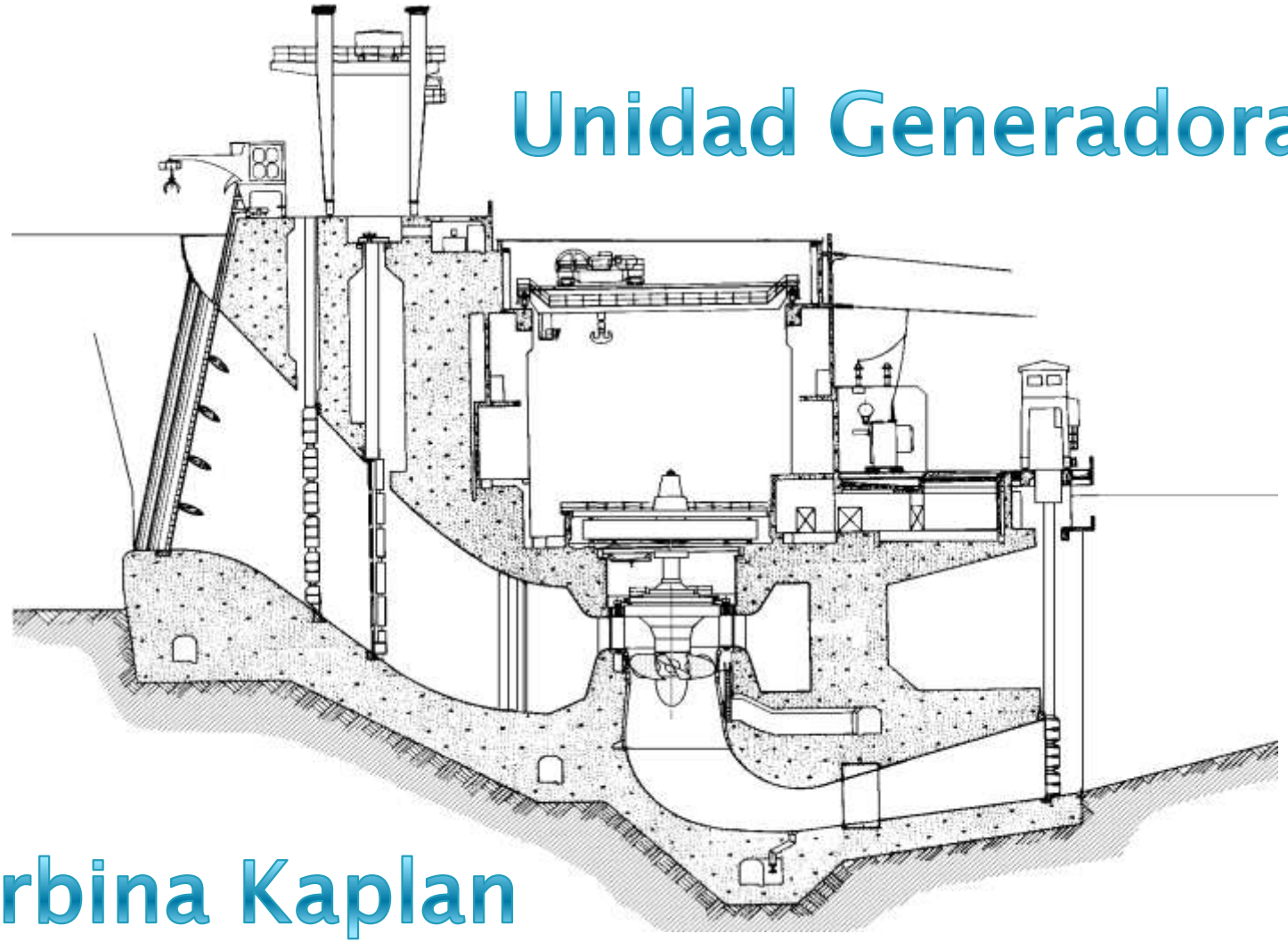
- Con esta información se hacen estudios de la Confiabilidad tomando en cuenta el Macro-Sistema Gobernador como un solo equipo conectado de análisis de modos y efectos de fallas.

Situación Actual

- Diagrama de Flujo de la condición actual de los estudios estadísticos bajo la responsabilidad de la coordinación de Ingeniería de Planta en Planta Caruachi:



Unidad Generadora



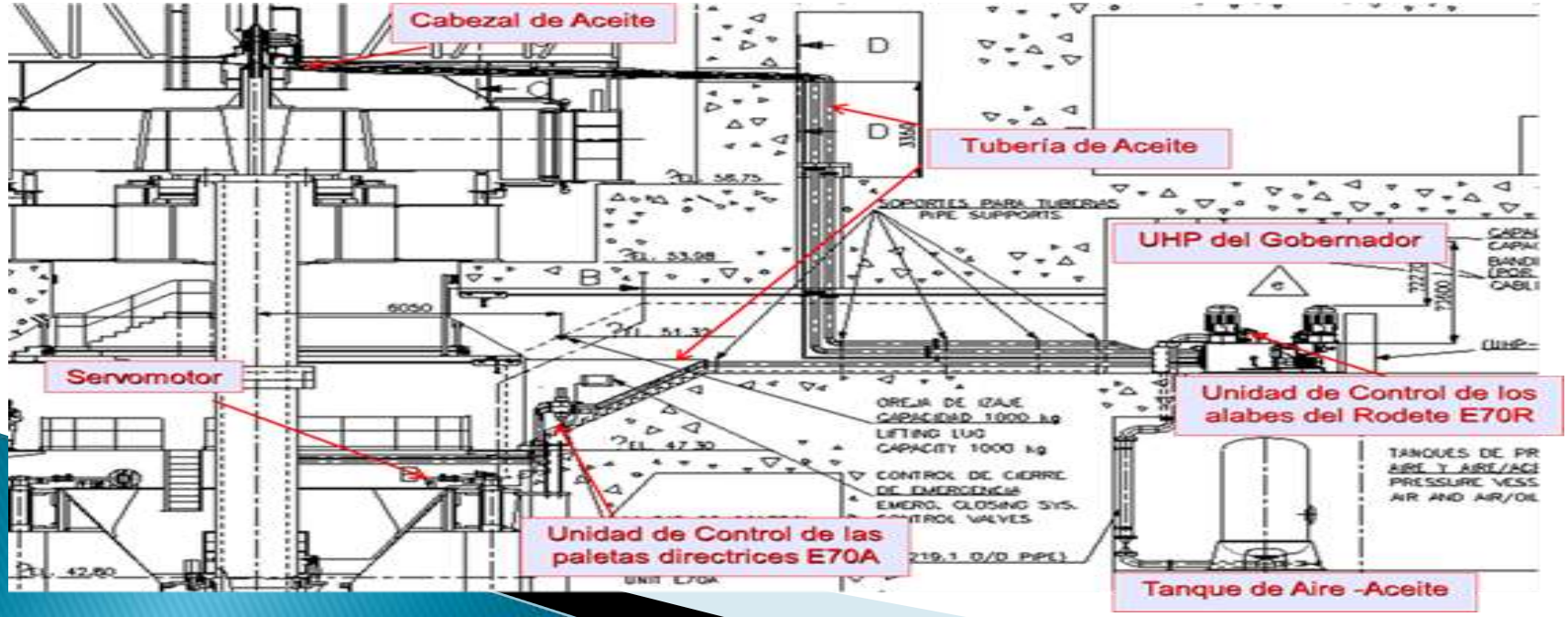
Turbina Kaplan

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.**

. Componentes del Sistema Gobernador

- Dentro de la Casa de Maquinas de Planta Caruachi El Gobernador está ubicado en la Elev. 50,05, en la Galería de Equipos Electromecánicos, específicamente en la entrada al pozo de la Turbina de las doce unidades de la Casa de Máquinas.



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.**

Funcionamiento del Sistema Gobernador.

- Regulación de Frecuencia.
- Regulación de Desviaciones de Velocidad.
- Limitación Mecánica y Eléctrica de apertura de paletas directrices.
- Optimización de ángulo de inclinación de los alabes, con relación a la caída y apertura de paletas directrices.
- Control y Limitación Hidro- Mecánica y eléctrica de Sobre-Velocidad.
- Detención de deslizamiento de la unidad.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.

Funciones de los Componentes del Sistema Gobernador

Cubículo Electrónico del Gobernador – (CE).

Funciones	Características
Funciones no controladas por (CE GOB):	○ Limitación mecánica de la apertura de las paletas. ○ Detección de deslizamiento de la unidad. ○ Control hidromecánico y eléctrico de sobre-velocidad. ○ Control de las bombas de aceite.
Funciones controladas por el (CE – GOB)	Modo Remoto: ○ Permitir el arranque. ○ Permitir el control de la velocidad para la sincronización. ○ Permitir el control de la potencia de salida y la parada de la unidad. ○ Generar reporte del estado del gobernador al momento de alarmas y disparos.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.**

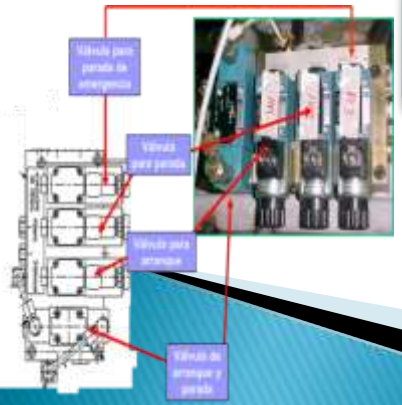
Funciones de los Componentes del Sistema Gobernador

Unidad Hidráulica de Potencia – (UHP – GOB)

Suministrar y controlar el aceite a presión al sistema de Gobernación, distribuir el aceite por los servomotores de las paletas directrices y de los alabes del rodete.

Componentes de la UHP:

La E70 una válvula principal.



El Bloque Múltiple de la Válvula piloto.

La Válvula de arranque/ parada / de emergencia.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.

Funciones de los Componentes del Sistema Gobernador

Centro de Control de Motores – (CMM – GOB)

La función de este cubículo se encuentran ubicados todos los equipos y dispositivos de protección y control de los motores para: Bombas Principales BG1 – BG2, Bomba Reforzadora BRG, Bomba de enfriamiento de aceite BEG

Las bombas se pueden seleccionar para ejecutarse en cualquiera de los modos siguientes:

- Bomba 1 (BRG): Continuamente con la turbina en servicio.
- Bomba 2 (BG-1): Stand – BY para la bomba 1 en control del interruptor de presión con la turbina en servicio y el mantendrá la presión de sistema en Stand – Still.
- Bomba 3 (BG-2): Reserva para la bomba 2 en caso que no puede arrancar dentro de un tiempo determinado

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.**

Funciones de los Componentes del Sistema Gobernador

Interfaz Hombre-Máquina.

Asigna valores de consigna mediante un menú sencillo y fácil de usar para el personal de mantenimiento y operaciones.

Señales de Relevante Importancia:

- Alimentación – Bombas y Motores.
- Protecciones de los Motores.
- Selección de Avece – BG1 – BG2.
- Nivel Muy Bajo Tanque Sumidero – GOB 71TM1.
- Temperatura Alta Aceite Tanque Sumidero – GOB TPTAI.
- Presión de Paro – GOB 63T07.
- Arranque Bomba Avance – GOB 63T04.
- Arranque Bomba Reserva – GOB 63T03.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.**

Mediante una representación gráfica del Sistema Gobernador se ilustraron los equipos componentes del sistema.

- La representación gráfica que se realizo fue mediante Diagramas de Bloques de Confiabilidad ya que muestra el efecto del funcionamiento de un componente tienen sobre el funcionamiento del sistema
- Se logró obtener un Diagrama General del Sistema Gobernador y este a su vez fue compuesto principalmente en dos (2) grupos de diagramas como son:

  Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB).

  Unidad Hidráulica de Potencia del Gobernador
- Fueron plasmados diecisiete (17) diagramas en un documento de Microsoft PowerPoint muy detallado y preciso

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.

Sistemas			
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
SISTEMA GOBERNADOR	FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL GOBERNADOR	Sistema Hidráulico del Gobernador	Válvula Principal E70 A
			Bloque Distribuidor de Válvula Piloto
			Válvula Arranque/ Parada/ Paro de
		Unidad de Control Electro-Hidráulica Para Control de Los Alabes E70R	La E70R Válvula Principal
			Bloque de Válvulas Piloto
		Unidad Hidráulica de Potencia (UHP)	Sistema de Enfriamiento de Aceite de la UHP
			Sistema de Filtrado de Aceite Válvula Piloto.
			Bomba de Jockey para carga a los acumuladores de Presión.
			Bombas BG1 y BG2.
			Tanques de Presión de Aire
			Válvulas de Separación doble
	Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)	Panel de Operación del CE-GOB	N/P
		Controlador Manual del CE-GOB	
		Controlador Automático del CE-GOB	N/P

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.**

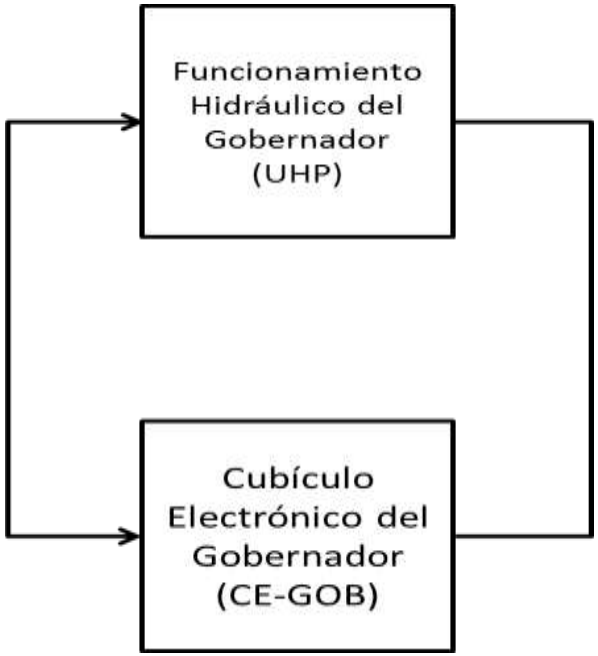


Diagrama del Sistema Gobernador.

El gobernador es de tipo electro-hidráulico actúa conjuntamente la parte electrónica llamada Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB) y el de la parte Hidráulica del Gobernador (UHP-GOB)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.**

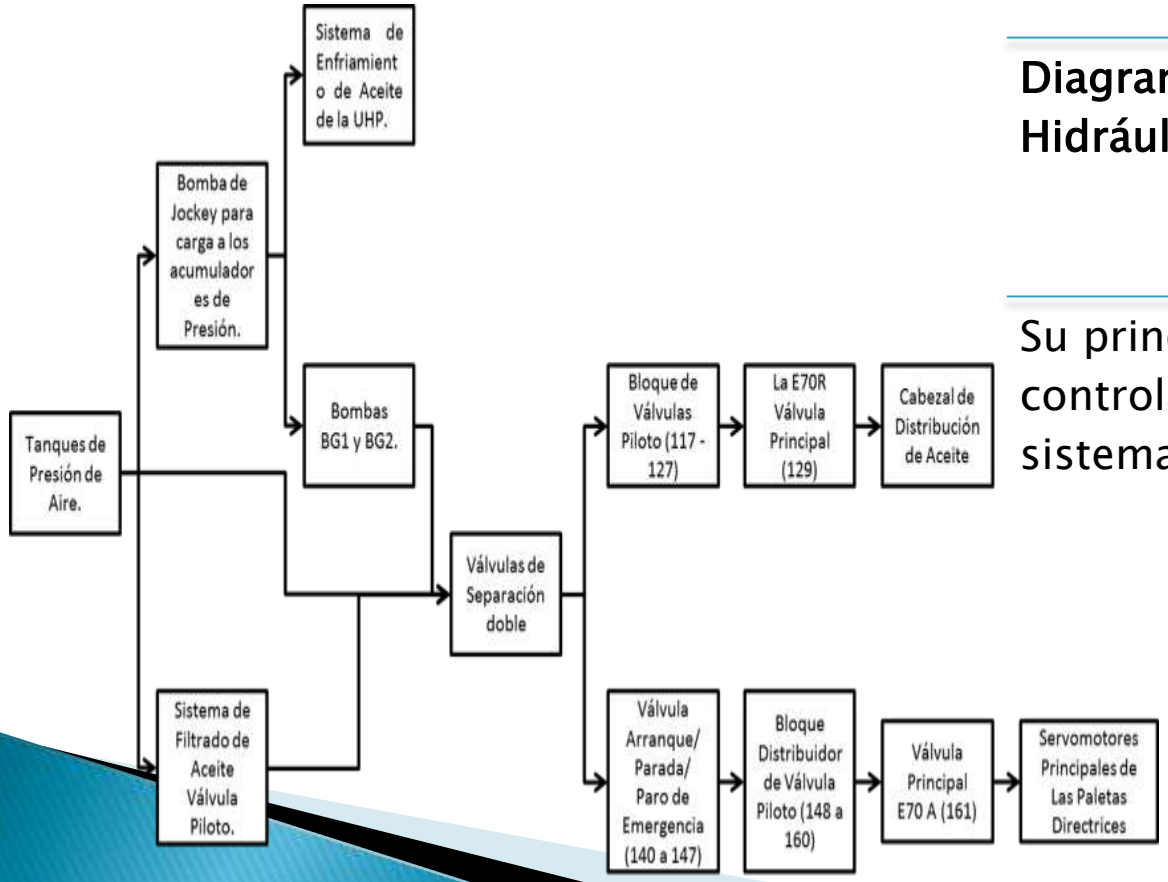


Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador.

Su principal función es suministrar y controlar el aceite a presión al sistema de Gobernación

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.**

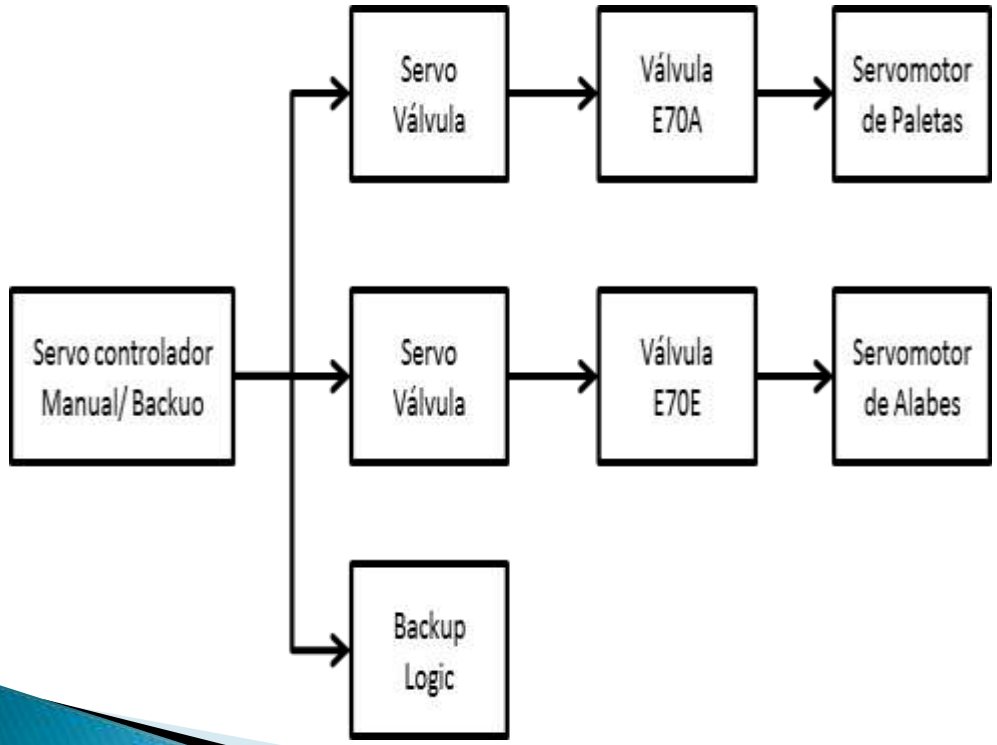


Diagrama del Controlador Manual del CE-GOB

El programa de arranque y parada de la unidad en el modo de operación manual verificara él envió de comandos desde la IHM y el cumplimiento de las condiciones prestablecidas.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.**

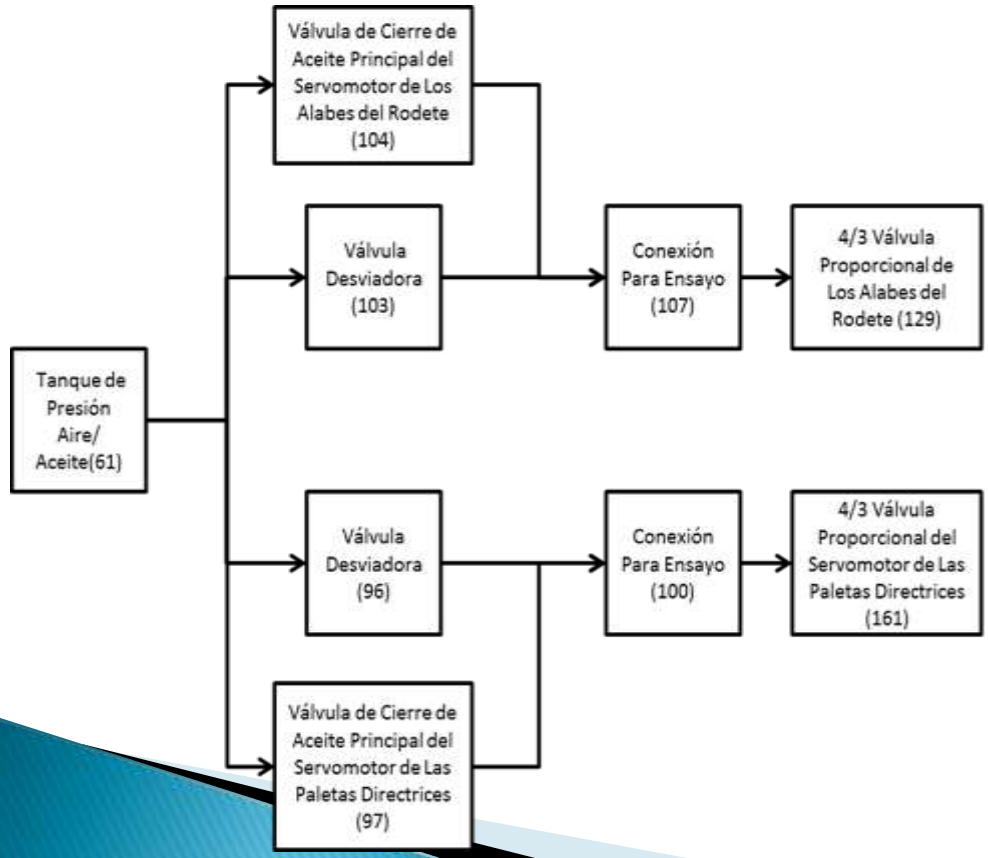


Diagrama de las Válvulas de Separación Doble.

Cierra la válvula que descarga cuando la presión sea baja, (estará energizado el interruptor de presión baja)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.**

Para especificar la confiabilidad por componentes del Sistema Gobernador se debe obtener mediante la introducción de valores de los parámetros de forma (β) y escala (η) de cada elemento componente de un Subsistema.

Instrumentation		
Controllers, pneumatic	1.1	25,000
Controllers, solid state	0.7	100,000
Control valves	1	100,000
Motorized valves	1.1	25,000
Solenoid valves	1.1	75,000
Transducers	1	20,000
Transmitters	1	150,000

Válvula 2/2 de Cartuchos (126)	
β	η
1	100000
R(t)=	

→	Forma (β)
→	Escala (η)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.**

Luego de introducir los valores de los parámetros estándar se definió el tiempo de estudio (en horas), el tiempo tomado para esta Propuesta fue de 8 meses las cuales son 5844 horas.

El cálculo fue realizado con la siguiente Formula de la confiabilidad de la distribución de Weibull:

$$R(t) = \frac{1}{e^{\left(\frac{t}{\eta}\right)\beta}}$$

$$R(t) = \frac{1}{e^{\left(\frac{5844}{100000}\right)1}}$$

$$R(t) = 0,94323483$$

En términos porcentuales se aprecia que la Válvula 2/2 de Cartuchos (126) posee una confiabilidad del 94% en el Subsistema

Variable	Descripción
$R(t)$	Confiabilidad en función del tiempo
e	Función Exponencial
t	Tiempo
η	Escala (η)
β	Forma (β)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.**

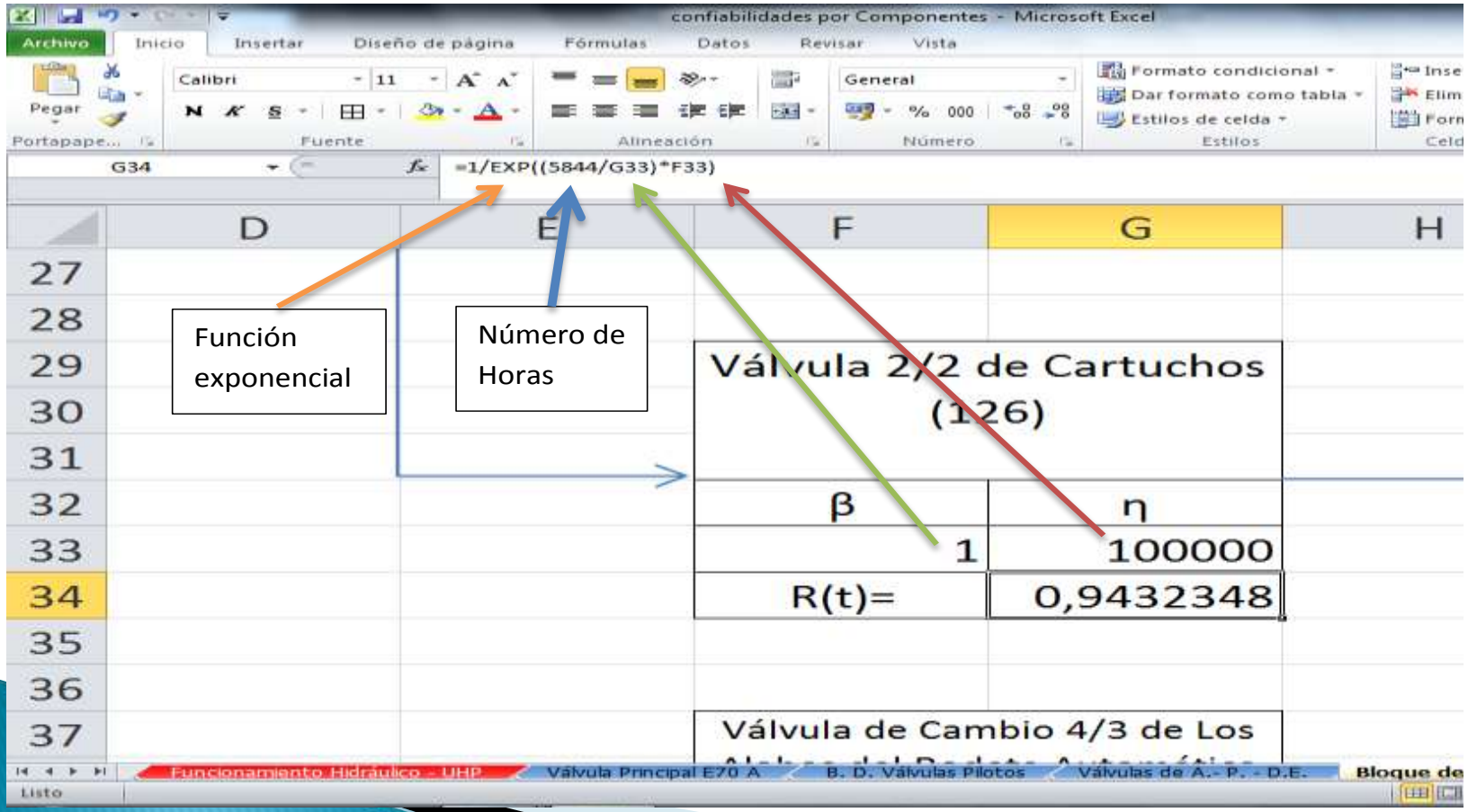
La Propuesta del Modelo de Confiabilidad se estableció en formato digital de hojas de cálculo en Microsoft Exel que le servirá a la Coordinación de Ingeniería de Planta.

=1/EXP((5844/G33)*F33)

Variable	Descripción
EXP	Función Exponencial
G33	Es la ubicación del recuadro que en este caso es el parámetro de Escala (η)
F33	Es la ubicación del recuadro que en este caso es el parámetro de Forma (β)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.**



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.**

El Modelo de Confiabilidad consiste en una red de componentes del Sistema Gobernador que se obtuvo mediante la introducción de valores de los parámetros de forma y escala de los sistemas indicados en serie y paralelo del Sistema Gobernador donde se obtuvo la Confiabilidad de cada Subsistema de modo especificado.

Una vez Identificado las interrelaciones operativas realizadas en el Objetivo número 2 del presente trabajo en el cual se adquirió el conocimiento de todos los Sub sistemas

Obtenidos los valores de confiabilidad de cada componente de cada Subsistemas del Sistema Gobernador explicado en el objetivo número 3 del Presente trabajo

Se llevó a cabo la construcción el Diseño del Modelo de Confiabilidad

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Modelo de confiabilidad del Sistema Gobernador.

Funcionamiento Hidráulico del Gobernador (UHP)	
Confiabilidad	0,746745369
Infiabilidad	0,253254631

Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)	
Confiabilidad	0,9147254
Infiabilidad	0,0852746

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Modelo de confiabilidad del Sistema Gobernador.

La ecuación para el cálculo de la confiabilidad del Sistema Gobernador fue la siguiente:

=1-(1-H14)*(1-H22)

La infiabilidad se obtiene de la resta algebraica de "1" que es el valor de confiabilidad al 100% y el valor de confiabilidad obtenido con la formula.

=1-N15

Variable	Descripción
H14	Confiabilidad del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador (UHP)
H22	Confiabilidad del Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)

$$R = \frac{1}{e^{(\frac{t1}{\eta 1})\beta 1}} \cdot \frac{1}{e^{(\frac{t2}{\eta 2})\beta 2}} \cdot \frac{1}{e^{(\frac{t3}{\eta 3})\beta 3}} \qquad R = 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{(\frac{t1}{\eta 1})\beta 1}}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{(\frac{t2}{\eta 2})\beta 2}}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{(\frac{t3}{\eta 3})\beta 3}}\right)$$

ANÁLISIS Y RESULTADOS

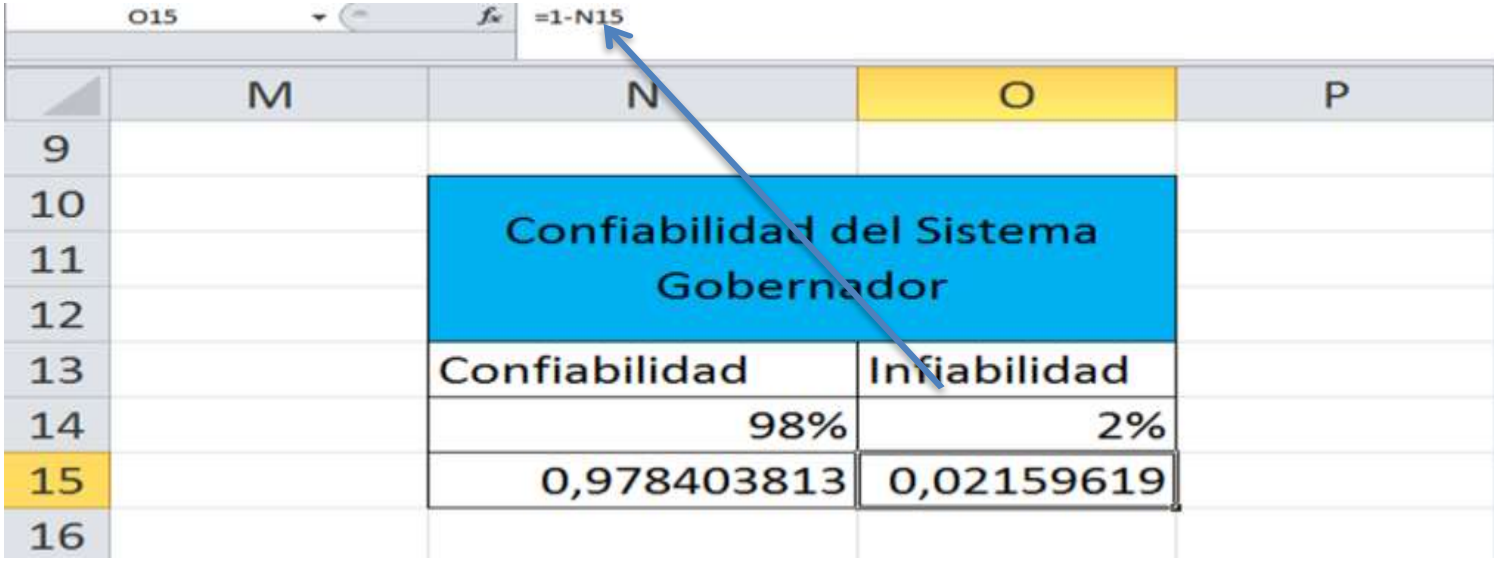
- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Modelo de confiabilidad del Sistema Gobernador.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

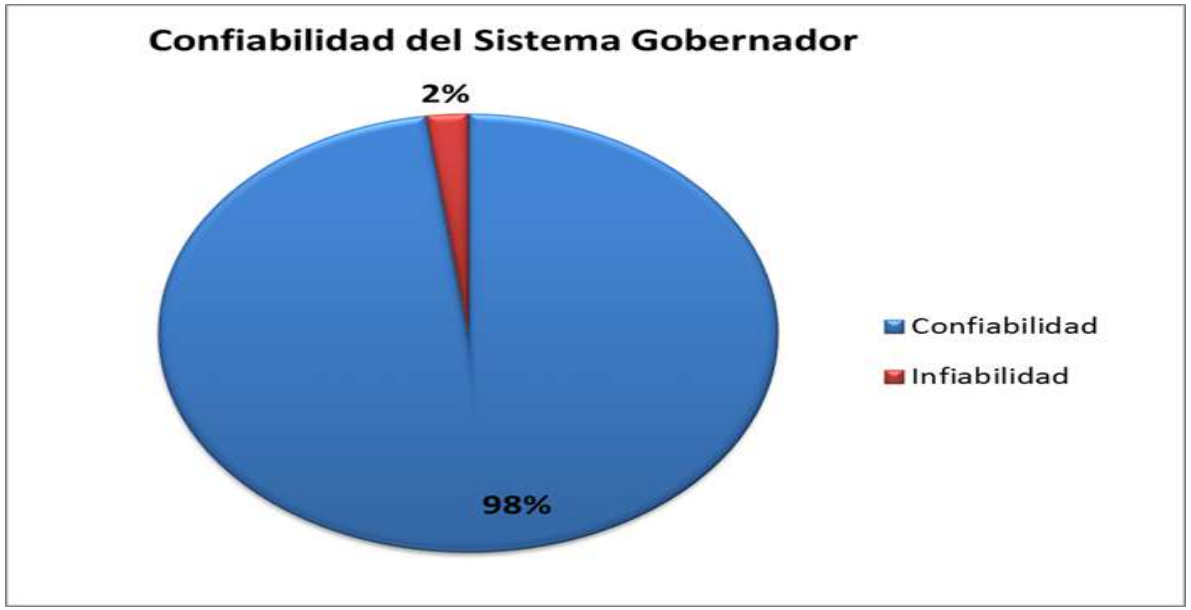
Modelo de confiabilidad del Sistema Gobernador.



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Análisis del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

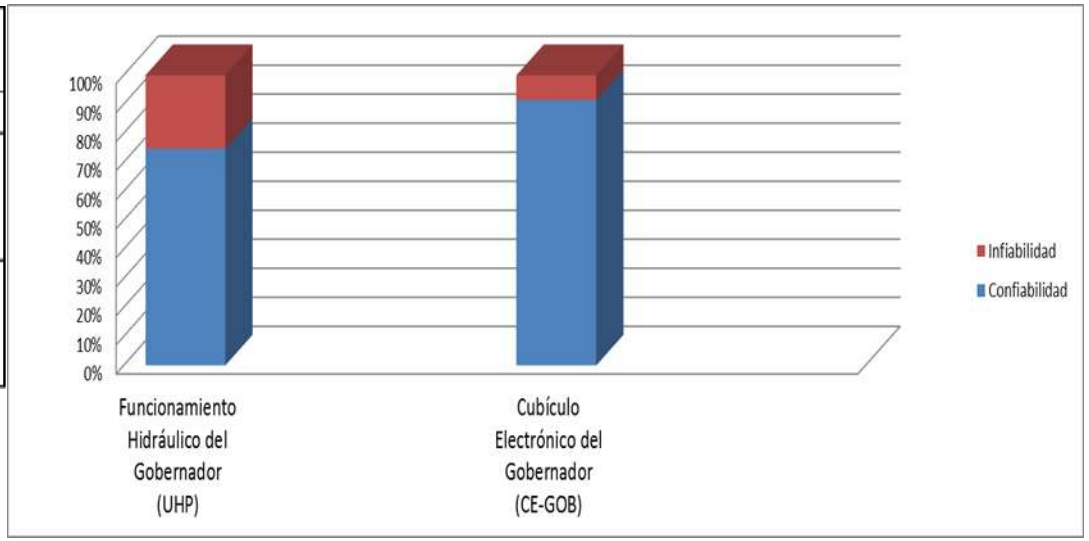


ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Análisis del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

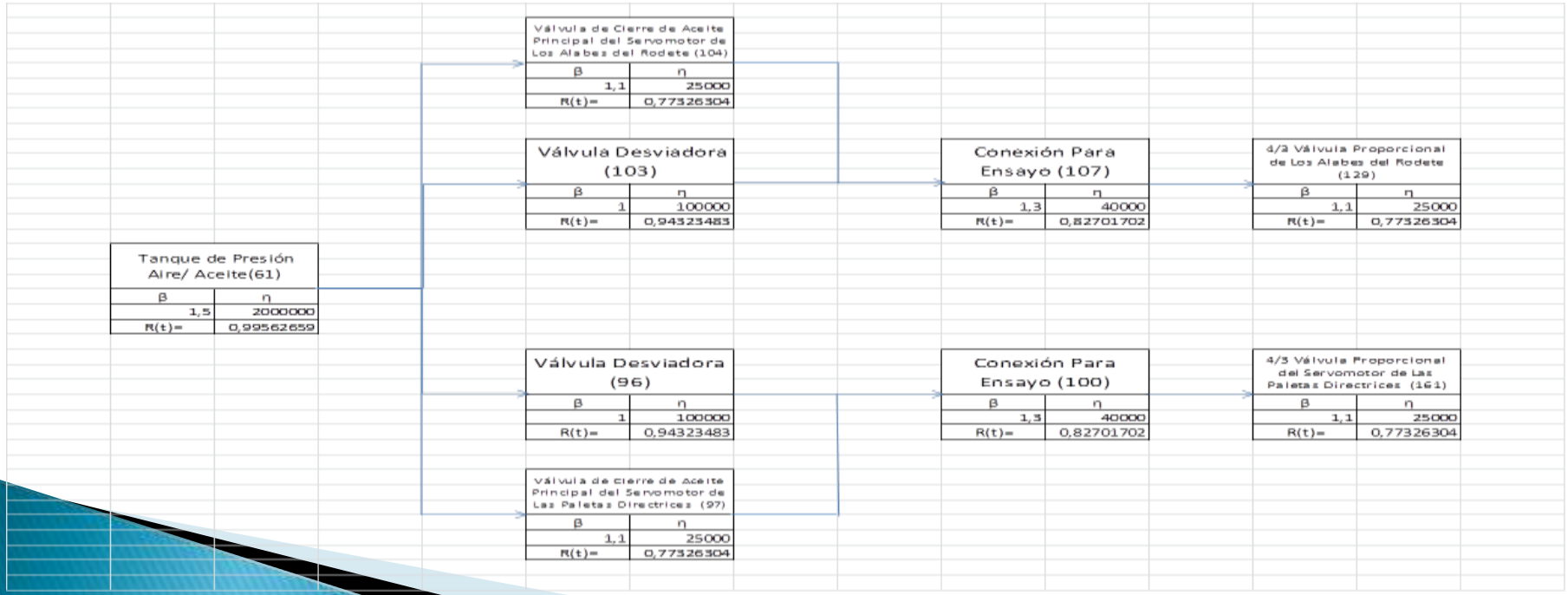
Confiabilidad de Cada Sub- Sistema		
Sub-Sistemas	Confiabilidad	Infiabilidad
Funcionamiento Hidráulico del Gobernador (UHP)	75%	25%
Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)	91%	9%



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.**

Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble

Resolviendo el Sistema queda de la siguiente manera:

=C29*(1-(((1-G14)*(1-G22))*K22*N22)*(((1-G44)*(1-G36))*K36*N36))

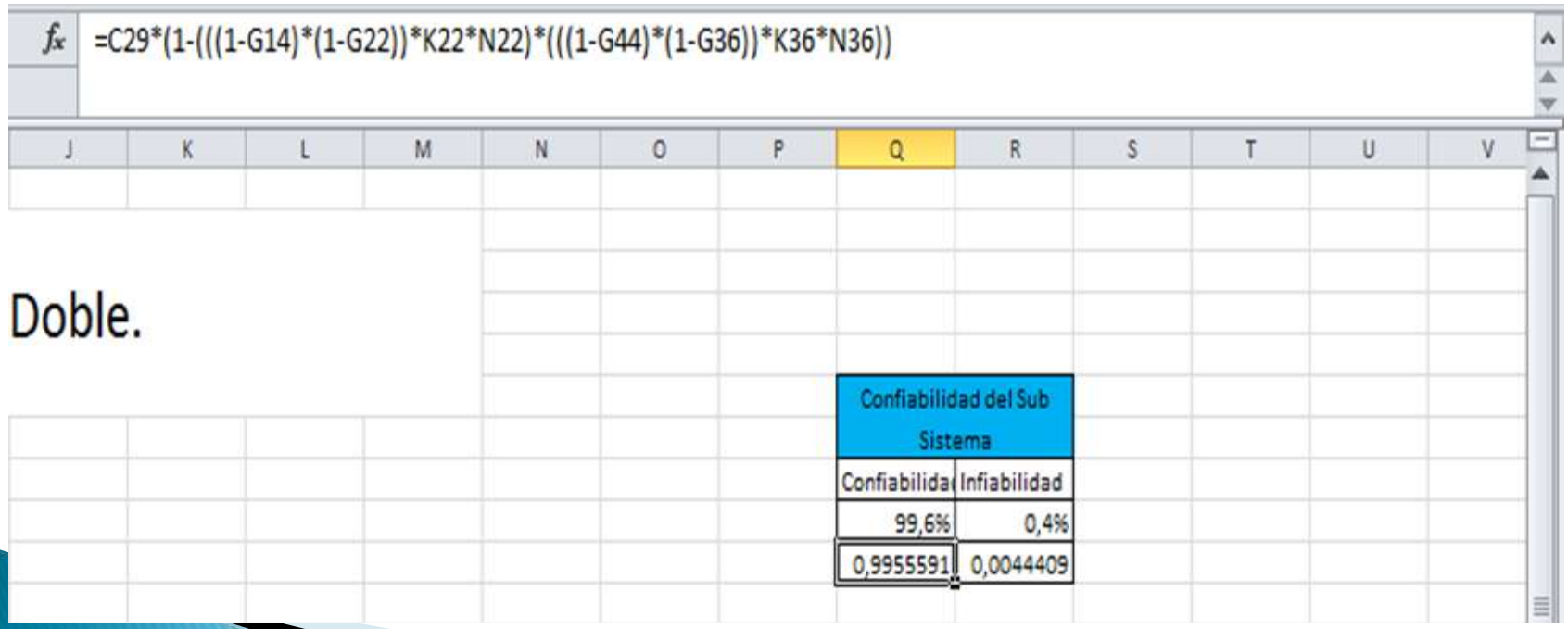
Obteniendo una confiabilidad del Subsistema de 99,6%.

Variable	Descripción
C29	Confiabilidad del Tanque de Presión Aire/ Aceite (61)
G14	Confiabilidad de la Válvula de Cierre de Aceite Principal del Servomotor de Los Alabes del Rodete (104)
G22	Confiabilidad de la Válvula Desviadora (103)
K22	Confiabilidad de la Conexión Para Ensayo (107)
N22	Confiabilidad de 4/3 Válvula Proporcional de Los Alabes del Rodete (129)
G44	Confiabilidad de la Válvula de Cierre de Aceite Principal del Servomotor de Las Paletas Directrices (97)
G36	Confiabilidad de la Válvula Desviadora (96)
K36	Confiabilidad de la Conexión Para Ensayo (100)
N36	Confiabilidad de 4/3 Válvula Proporcional del Servomotor de Las Paletas Directrices (161)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

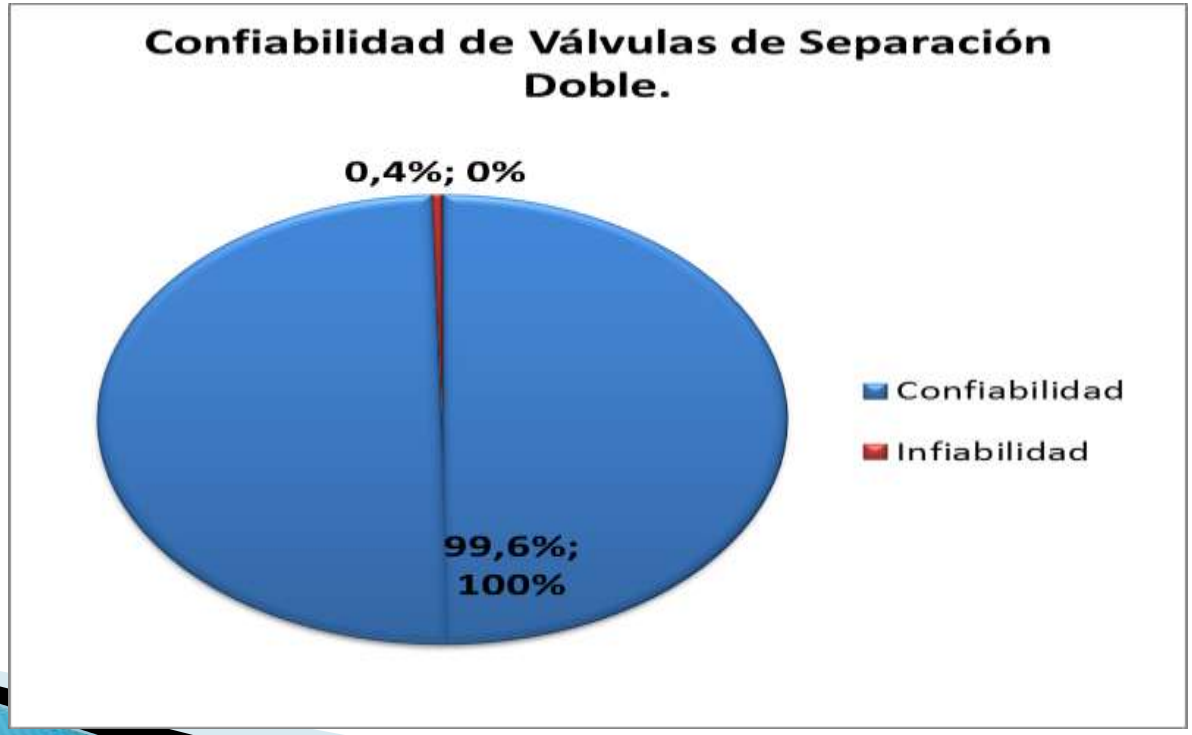
Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

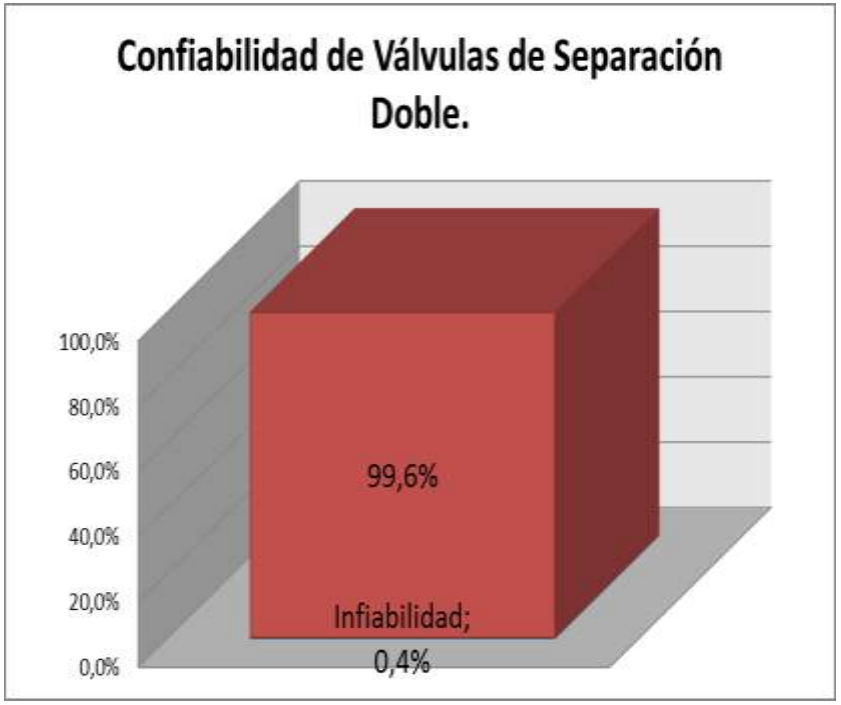
Análisis del Modelo de Confiabilidad del Subsistema Válvulas de Separación Doble.



ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Análisis del Modelo de Confiabilidad del Subsistema Válvulas de Separación Doble.



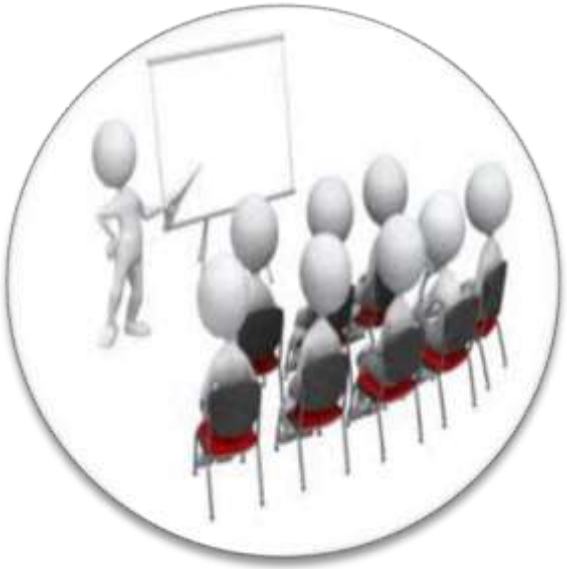
Análisis y Resultados

- **Evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades de la Coordinación de Ingeniería de Planta.**

Durante la construcción del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador se contó con la ayuda del personal capacitado el conocimiento del Sistema Gobernador de la Coordinación de Ingeniería de Planta de Planta Caruachi.

Se evaluó el impacto del Diseño del Modelo de confiabilidad en las acciones de la coordinación de Ingeniería de Planta con algunos de los métodos y/o herramientas usados y aplicados a la Ingeniería Industrial

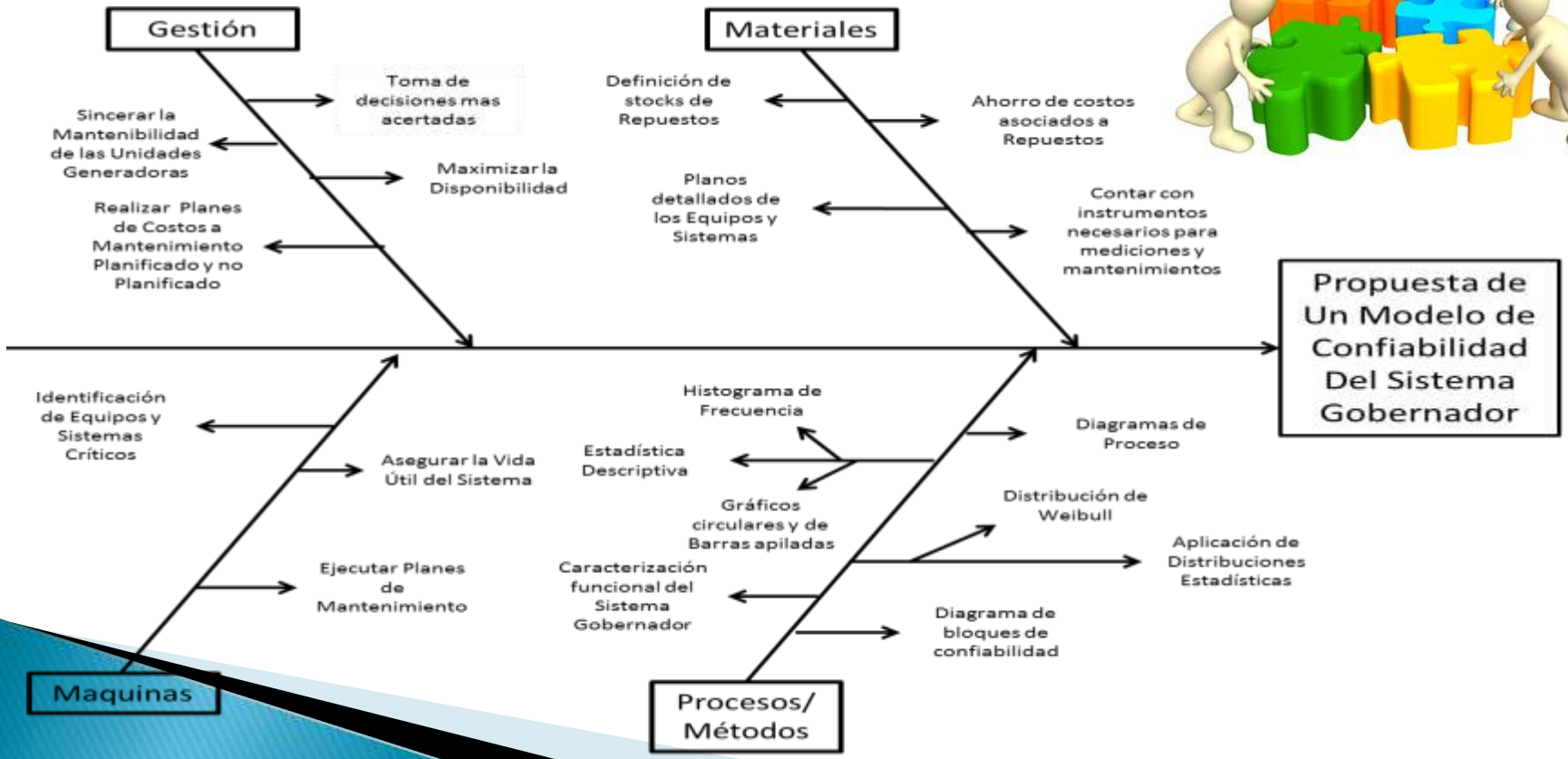
Servir como base de datos para la comparación con los valores reales obtenidos en la pruebas y buscar asemejar al valor teórico obtenido.



Análisis y Resultados

- Evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades de la Coordinación de Ingeniería de Planta.

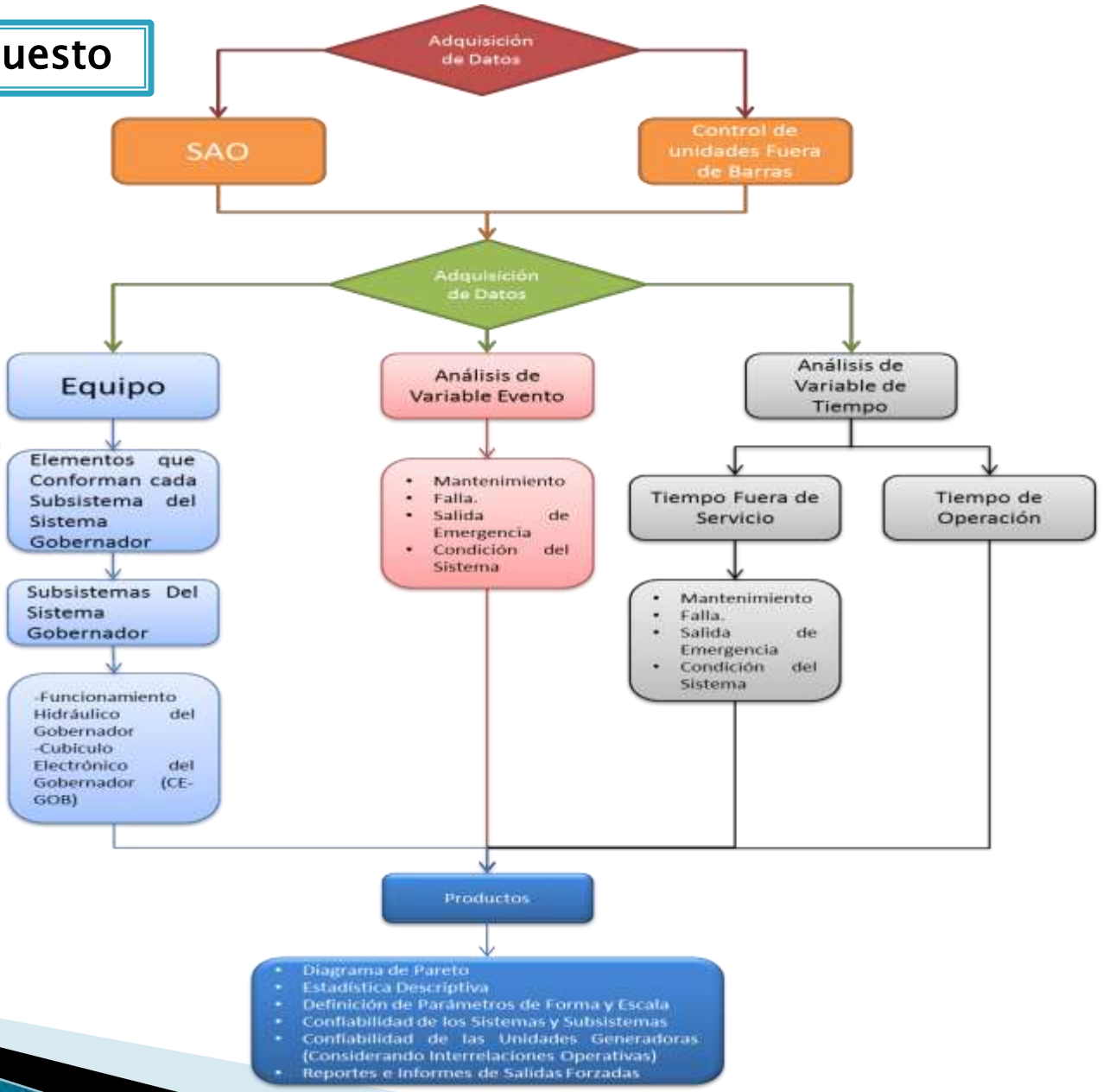
Diagrama de Ishikawa



Matriz FODA

Factores Internos / Factores Externos	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	• Estructura instalada. • Alta tecnología. • Existencia de manuales. • Personal calificado. • Buen ambiente laboral • Proactividad en la gestión	• Falta de mantenimiento oportuno • Carencias en los repuestos
OPORTUNIDADES • Necesidad del producto. • Tendencias favorables en el mercado. • Inexistencia de competencia • Alianzas estratégicas que permitan el intercambio de conocimientos • Futuras inversiones	**ESTRATEGIAS (FO)** • Se facilitara las alianzas estratégicas debido a la existencia de manuales en la empresa al momento de realizar inversiones futuras. • Compenetración entre los trabajadores y las nuevas tecnologías.	**ESTRATEGIAS (DO)** • Introducir modalidades de trabajo nuevas e innovadoras. • Debido al prestigio que posee la empresa facilitar la obtención de repuestos
AMENAZAS • Falta de divisas para la compra de repuestos. • Altos costos de reparación y mantenimiento • Cambios de hábitos de los consumidores	**ESTRATEGIAS (FA)** • Motivar el uso eficiente de la energía por medio de los trabajadores. • Precisión al hacer reparaciones o mantenimientos.	**ESTRATEGIAS (DA)** • Reuniones para discutir lo necesario que se debe proporcionar al personal para hacer los debidos mantenimientos

Diagrama de Flujo Propuesto



Conclusiones

Del análisis de los resultados a través de este estudio se obtuvieron las conclusiones siguientes:

- Se recopiló información técnica necesaria para Describir e Identificar de forma exacta las Características y el funcionamiento del Sistema Gobernador y de los Subsistemas que los comprende; dentro del Macro Sistema Unidad Generadora de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Planta Caruachi.
- Por medio de la observación directa y de estudio de planos, documentos del fabricante, manuales, informes encontrados en la Coordinación de Ingeniería de Planta se alcanzó lustrar e Interpretar cada uno de los Sub-Sistemas del Sistema Gobernador y llevar a cabo la correcta Caracterización funcional del Sistema.
- Por medio de tablas estándar de parámetros de forma y escala se definió las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernados y de los Subsistemas que lo comprenden fue utilizada la Distribución Weibull en cada elemento del Sistema.
- Se diseñó el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador utilizando la herramienta Microsoft Exel para este proceso ya que es compatible con el software libre llamado LibreOffice utilizado en la empresa, tomando en cuenta las interrelaciones operativas mediante diagramas de bloques de Confiabilidad para obtener la confiabilidad total de cada Subsistema establecer gráficos circulares y gráficos de barras apiladas para evidenciar índices de Confiabilidad.

Conclusiones

Del análisis de los resultados a través de este estudio se obtuvieron las conclusiones siguientes:

- Se logró validar el Diseño del Modelo de Confiabilidad ya que fue realizado con el personal experto de la Coordinación de Ingeniería de Planta tomando en cuenta las conexiones operativas de los componentes y Subsistemas del Sistema Gobernador y de los valores de confiabilidad arrojado por cada uno de ellos en comparación con la realidad.
- Por medio del diseño del Modelo de Confiabilidad se logró estimar la confiabilidad del Sistema Gobernador obteniendo un 98% en el tiempo de estudio establecido según la frecuencia de mantenimiento, así como también se alcanzó identificar los Subsistemas que poseen baja confiabilidad, Subsistemas en estado de alerta y Subsistemas más Confiables.
- Mediante de diagrama Ishikawa, matriz FODA, diagramas de Procesos se consiguió evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades realizadas por la Coordinación de Ingeniería de Planta.

Recomendaciones

En función de los resultados y conclusiones que se obtuvieron mediante la Propuesta del Modelo de Confiabilidad se pueden considerar las siguientes recomendaciones:

- Aplicar la Propuesta de Modelo de Confiabilidad elaborado para monitorear la confiabilidad del Sistema Gobernador ya que los evidencia de manera detallada y precisa.
- Efectuarlo los cálculos de los parámetros de forma y escala de la distribución Weibull mediante los datos obtenidos en las Salidas Forzadas de Sistema Gobernador yo de los componentes de cada Subsistema que actúan en las Unidades Generadoras y con esto obtener valores reales de Confiabilidad los cuales deberán ser almacenados en la base de datos en un registro histórico de la Planta.
- Proponer los modelos de confiabilidad para los Sistemas Excitatriz y Generador de las Unidades Generadoras.

Recomendaciones

En función de los resultados y conclusiones que se obtuvieron mediante la Propuesta del Modelo de Confiabilidad se pueden considerar las siguientes recomendaciones:

- Para futuras propuestas de modelos de confiabilidad de otros sistemas de la Unidad Generadora se debe solicitar apoyo a personal capacitado y expertos en el funcionamiento de los Sistemas y Subsistemas ya que es importante analizar el funcionamiento detalladamente para la construcción del Modelo de confiabilidad.
- Optimizar los mantenimientos preventivos ya que la Confiabilidad del Sistema dependerá directamente del buen estado y la vida útil de cada Subsistema y de los elementos que lo comprenden.
- Ejecutar los mantenimientos preventivos programados para cada Subsistema y especial atención a los que posean baja confiabilidad ya que están propensos a fallar durante el periodo de tiempo establecido para el estudio.

"Cuando uno hace algo con el corazón, uno debe sentirse orgulloso"

Fernando Alonso

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Jessy Alberto Gutiérrez Assante