

105



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN

**"CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO PARA EL
CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DE INYECCIÓN
EN EL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO DEL
COMPLEJO ABKATUN-N1 DE PEMEX"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

JESÚS ROBERTO VALLE RAMOS

278070

ASESOR: ING. JORGE BUENDÍA GÓMEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVANZADA DE
 MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisámos la TESIS:

" Control Estadístico de Proceso para el Control de Calidad del Agua de
 Invección del S.C.D. del Complejo ABK-N1 de PEMEX "

que presenta el pasante: Valle Ramos Jesús Roberto
 con número de cuenta: 9122648-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 5 de Octubre de 1999.

PRESIDENTE	Inq. <u>Jorge Buendía Gómez</u>	
VOCAL	Inq. <u>Vicente Magaña González</u>	
SECRETARIO	Inq. <u>Emiliano Fones Espinoza</u>	
PRIMER SUPLENTE	Inq. <u>José Luis Barbosa Pacheco</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	Inq. <u>Corina Adriana Sandoval García</u>	

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme salud e inteligencia para poder concluir una etapa más de mi vida satisfactoriamente.

A MIS PADRES

A mi madre

Por apoyarme en todos los momentos, no te voy a defraudar. Gracias por creer en mí y por ser mi madre. "Éxito" mientras más duro trabajes, más suerte tendrás. Con admiración y respeto.

A mi padre

Todas son batallas pequeñas, la última batalla es la importante. Gracias por educarme con una mentalidad triunfadora y por ser mi padre. "La mente humana es como un paracaídas, solo funciona cuando se abre" Con admiración y respeto.

A MIS ABUELOS

Como un testimonio de aprecio y cariño eterno. Este es un triunfo más de ustedes. Con admiración y respeto eterno. El ejemplo no es lo principal para influenciar a otras personas. es lo único.

A MIS HERMANOS

A mi hermano

A mi mejor amigo (niño) incondicional que tengo y que tendré para toda la vida. Tu puedes hacer lo que quieras y tendrás éxito. Todo

se puede lograr cuando se tiene la firme convicción de hacerlo. No te desanimes y pon todo tu esfuerzo para que logres tus objetivos.

A mi hermana

A mi niña con todo el amor y cariño. Tu vas hacer una triunfadora, nada más se tenaz, humilde y sencilla. Cuentas con mi apoyo para lo que quieras realizar. Si crees que la educación es cara, ¿cual es el precio de la ignorancia?

A MIS PADRINOS

A mi madrina Lupita y a mi padrino Eloy. A mis segundo padres que han estado en todo lo que hago apoyandome. De su hijo con cariño y aprecio incondicional. Este trabajo se los dedico. No sembraron en tierra infértil.

A mi madrina Lorena y a mi padrino Jose Luis. Gracias por los consejos dados. Como un testimonio de respeto y cariño.

A MIS TIOS

A mi tia Xochilt y a mi tio José. Por el apoyo que tenido para la realización de mi carrera profesional. Este triunfo es de ustedes.

A mi tia margarita y a mi tio Gregorio. Por ser unos testigos de este trabajo. Con admiración y respeto.

A mi tio perfe y a mi tia maría. Por su cariño sincero y honesto. Con mucho cariño.

A mi tio Lucio y a mi tia Nico. Gracias por brindarme su amistad sincera. Con el cariño de siempre.

A MIS PRIMOS

A Manuel. Por estar siempre conmigo en todo lo que emprendo.

A Rebeca. Mi otra hermana que me ha visto crecer y desarrollarme como un ser humano.

A Alejandro y Luis. Por el apoyo que tuve cuando llegue al D.F.

A MIS AMIGOS

A Rosario Serrano A. Por el cariño, comprensión y apoyo que me has dado en las cosas que realizo. Gracias por impulsarme en todo.

A Ing. Jose Luis Olivares G. Gracias por tu amistad sincera e incondicional. Un verdadero amigo esta contigo en las buenas y en las malas.

A Ing. Laura Ramos P. Eres unas de mis amigas más sincera con que cuento.

A Ing. Marco A. Padilla M. Gracias por darme tu amistad y por todos los momentos que pasamos en la facultad.

A la familia Olivares Guzmán al Sra. Malena, Sr. Sergio, Vanesa y Ivan. Gracias por brindarme su amistad sincera y honesta.

A Don Federico. Por su amistad sincera y honesta con que he contado de usted siempre. Gracias por todo.

Al Lic. Jesús Recilla Del R. Mi único amigo que tengo de la secundaria gracias por ser uno de mis amigos más sinceros y honestos.

A la M en C. Maricela Serrano F. por todos sus consejos dados.

Al Dr. Rogelio Pegueros G. Por todo el apoyo y sus consejos dados desde que lo conocí. Gracias por su amistad sincera Doc.

Al M. en I. Martín Godoy A. Por todos tus consejos dados en la realización de este trabajo. Gracias por ser un gran amigo.

Al Ing. Marcos Mondragon B. Por su apoyo a la realización de este trabajo.

Al Ing. Jorge Buendía G. Por sus consejos y asesorías para llevar a cabo este trabajo.

A mi pueblo Corral Falso, Gro. Por todo lo que me ha dado y toda mi gente me ha dado y me seguirá dando muchas cosas más. Todo lo que llevo a cabo es pensando en él. Gracias a todos.

A los profesores de la Escuela Primaria Cuahatemoc, que son para mí los mejores profesores del mundo.

Al Profr. Grabiél Ramos L. y familia. Por todas sus asesorías y enseñanzas que me dio. Gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México. Por la formación profesional profesional que me dio. En especial a la F.E.S.C. Campo 4.

A todo el personal que conforman el Grupo de Ingeniería en Sistemas Electronicos del I.M.P. Donde se llevo a cabo este trabajo.

Al Instituto Mexicano del Petróleo por su apoyo económico para la realización de este trabajo.

Gracias a todas las personas que contribuyeron a que este sueño se llevará a cabo. Directamente o indirectamente. Gracias a todos.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
ALCANCE	4
CAP. I TEORÍA ESTADÍSTICA	5
1.1 Conceptos fundamentales de estadística	5
CAP. II TEORIA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (CEP)	15
2.1 Definición de CEP	15
2.2 Herramientas	15
CAP. III CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO EN LA AUTOMATIZACIÓN	51
3.1 Descripción de sistemas de control existentes	51
3.2 Aplicaciones en la industria	61
3.3 CEP y los sistemas de control	66
3.4 Requerimientos de automatización para aplicar el CEP	67
3.5 CEP: Ventajas y desventajas	68
CAP. IV SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO DEL COMPLEJO DE INYECCIÓN DE AGUA	70
4.1 Características del hardware	70
4.2 Características del software	82
4.3 Características de comunicación	86
CAP. V ESTUDIO TÉCNICO DEL SOFTWARE COMERCIAL EXISTENTE PARA IMPLEMENTAR EL CEP	92
5.1 Características	92
5.2 Tabla comparativa	102

CAP. VI PROCESO SELECCIONADO PARA LA APLICACIÓN DEL CEP	112
6.1 Descripción del proceso	112
6.2 Condiciones actuales de producción	115
6.3 Problemática	116
6.4 Planteamiento de solución	119
CAP. VII APLICACIÓN DEL CEP EN EL ÁREA ESTABLECIDA	123
7.1 Requerimientos para la implantación del CEP en el complejo ABKATUN – N1	123
7.2 Propuesta de aplicación	127
7.3 Simulación de la aplicación	127
7.4 Obtención y análisis de resultados	132
CONCLUSIONES	137
APENDICE. "CONFIGURACIÓN DEL SUPERCEP"	138
GLOSARIO	154
BIBLIOGRAFÍA	161

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los procesos de producción de hidrocarburos están en proceso de automatización debido a la necesidad de optimizarlos. La optimización cuentan con sistemas y equipos de control que les permiten mantenerse en condiciones aceptables de funcionamiento; estos sistemas cuentan con hardware que es configurado con diferentes lenguajes de programación con el fin de aplicar técnicas de control para mantener bajo condiciones normales de operación un proceso. Sin embargo no se ha llegado a la optimización de los procesos de producción. Esto consiste en establecer criterios sobre una gran diversidad de aspectos, entre los cuales están: mejorar las condiciones de producción aplicando análisis estadístico, disminución de desperdicios de producción, menor desgaste de los equipos, mejorar los algoritmos de control, etc. , todo ello con el fin de obtener igual o mayor producción. En efecto, un punto para lograr la optimización de algún proceso de producción es el desarrollo de programas de calidad que permitan operar a éste en condiciones óptimas de funcionamiento, a el fin de obtener beneficios en la producción.

Con la necesidad de mejorar la producción en sus procesos de producción de hidrocarburos Petróleos Mexicanos, considera necesario implantar un Sistema que controle la calidad en sus procesos de producción. Este sistema es el Control Estadístico de Proceso (CEP) que a través de un análisis estadístico mejora las condiciones de producción de los procesos. Debido a la petición de Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano del Petróleo esta investigando los requerimientos necesarios para implantar el CEP en todos sus procesos de producción petrolera. El CEP es más fácil de implantar en procesos ya completamente automatizados debido a que los sistemas de control modernos registran y almacenan grandes cantidades de datos del proceso y esta información puede ser utilizada por el CEP para realizar su estudio estadístico de procesos y así poder optimizar la producción.

Debido a que no podemos traer el proceso físicamente al laboratorio ni realizar pruebas en tiempo real en plataforma por costos de producción, se va hacer la simulación con datos del proceso de Inyección de agua del complejo Abkatun-N1 en el Laboratorio de Investigación Aplicada en Automatización y Control del Grupo de Sistemas Electrónicos de la Gerencia de Geofísica de Explotación del Instituto Mexicano del Petróleo y así poder obtener una evaluación del CEP. Es aquí donde surge el concepto de simulación de procesos, que a partir de hace algunos años se ha

introducido con gran fuerza en centros de investigación, gracias al avance tecnológico en cuestiones de electrónica y computación.

El objetivo central de este trabajo, es el planteamiento para aplicar el CEP para controlar estadísticamente los principales parámetros de calidad que intervienen en un proceso de recuperación secundaria de crudo a base de inyección de agua en el complejo ABK-N1. Cabe señalar que en este proceso está una propuesta la de adquirir un nuevo Sistema de Control Distribuido. Con el nuevo sistema de control distribuido a solicitud de PEMEX se quiere implantar el CEP. Otro aspecto importante es que en el futuro se pretende crear a petición de PEMEX un sistema experto que pueda hacer diagnósticos seguros para poder mantener controlados los procesos de producción y así lograr optimizarlos, esto en base de un análisis estadístico, a través del CEP.

Este trabajo se divide en siete capítulos: En el primer capítulo se mencionan los conceptos estadísticos fundamentales.

El capítulo dos muestra la definición del CEP así como sus herramientas.

El capítulo tres da una descripción de los sistemas de control existentes en la industria, aplicaciones de los sistemas de control en la industria, el CEP y los sistemas de control existentes en la industria, requerimientos de automatización para aplicar el CEP y así como ventajas y desventajas del mismo, los puntos anteriores que comprenden el capítulo tres son con el fin de dar a conocer el CEP en la automatización en donde tiene un papel muy importante: en la optimización de procesos.

En el capítulo cuarto se mencionan las características del hardware, software y comunicación del sistema de control distribuido del complejo de inyección de agua, cabe indicar que estos se encuentran actualmente en licitación.

En el capítulo cinco se muestran las características técnicas del software comercial del CEP y una tabla comparativa del estudio técnico de los fabricantes software comercial del CEP.

En el capítulo seis se mencionan la descripción del proceso seleccionado para la implantación del CEP, condiciones actuales de producción, la problemática y el planteamiento de solución para la aplicación del CEP.

Por último, en el capítulo siete se muestran los requerimientos para la implantación del CEP en el complejo ABK-N1, propuesta de aplicación, simulación de la aplicación, obtención y análisis de resultados en el área establecida.

OBJETIVO

Plantamiento de los requerimientos mínimos para controlar estadísticamente los principales variables de calidad que intervienen en un proceso de recuperación secundaria de crudo basado en agua.

ALCANCE

Establecer los requerimientos mínimos para la implantación del Control Estadístico de procesos en un proceso de recuperación secundaria de hidrocarburos basado en inyección de agua, empleando un Sistema de Control Distribuido.

CAP. VI TEORÍA ESTADÍSTICA

1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ESTADÍSTICA

Para la mejor comprensión de algunas herramientas básicas del CEP, se exponen los principales conceptos estadísticos que se emplearán en el cálculo u obtención de dichas herramientas, así como su interpretación. Este capítulo es de lo que trata en resumen.

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Se utilizan para indicar un valor que tiende a tipificar o hacer más representativo de un conjunto de números. Las tres medidas más comunes son: La media, mediana y moda.

MEDIA ARITMÉTICA \bar{x}

La media aritmética o media de un conjunto de datos, se representa por \bar{x} y se define como:

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N}$$

El valor que se obtenga de la fórmula anterior, es el típico o representativo del conjunto de datos, como dicho valor tiende a ubicarse en el centro, a la media se le conoce como medida de centralización.

Ejemplo:

Se tomaron cinco tornillos de una máquina y los valores que se reportan para el diámetro del cuerpo, son: 0.51, 0.52, 0.55, 0.58 y 0.57, se desea conocer la media de dichos datos.

$$\bar{x} = \frac{0.51 + 0.52 + 0.55 + 0.58 + 0.57}{5} = 0.546$$

El valor de la media 0.546 es el valor promedio o el que nos da una idea de donde se ubica el "centro" de los datos. El grado en que los datos

numéricos tienden a alejarse de un valor medio o promedio, se le llama variación o dispersión de los datos.

MEDIANA

La mediana de un conjunto de n números, ordenados de menor a mayor, es el número central del arreglo. Si n es un número non, solo hay un valor central. Si n es un número par, hay dos valores centrales, y la mediana debe tomarse como la media de estos dos valores.

Ejemplo:

Considere las duraciones en minutos de una serie de conferencias telefónicas y obtenga la mediana.

Duraciones:

1.0, 5.0, 5.3, 6.0, 7.0, 7.7, 8.0, 8.1, 8.9

Como el número de observaciones es par, ya que $n=10$ entonces la mediana se toma de los dos valores centrales 6.0 y 7.0.

$$\text{Mediana} = \frac{6.0 + 7.0}{2} = 6.5$$

Ejemplo:

Ahora suponga que a continuación se muestran los datos que conforman a los impuestos a pagar por 5 empresas de productos químicos. Encuentre la mediana.

2 567, 3 590, 4 566, 2 833, 1 980

Recuerde que debe primero ordenar los datos de menor a mayor, quedando como:

1 980, 2 567, 2 833, 3 590, 4 566

Como el número de observaciones es impar, ya que $n=5$ datos, entonces la mediana es el dato de en medio o central.

Mediana= 2 833

MODA

Es el valor que con más frecuencia se presenta en un conjunto, valor con la frecuencia más alta.

Ejemplo:

Se tienen los siguientes datos muestreados con sus respectivas frecuencias:

DATOS	FRECUENCIA
1	2
2	3
3	4
4	1

Como podemos observar la moda es el dato 3 debido a que este tiene la frecuencia más alta.

MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Las medidas de tendencia central no son suficientes para caracterizar la distribución de los datos a analizar, puesto que a pesar de describir un aspecto importante de los conjuntos de datos llamado promedio o centro; no nos dicen nada acerca del grado en que varían entre sí los datos, lo que es muy importante en la estadística. Esta situación puede evaluarse con las medidas de dispersión como son: Amplitud o Rango, Desviación Media, Varianza, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación, existe también el Sesgo y la Curtosis.

RANGO O AMPLITUD

Es la diferencia entre el valor más grande y el valor más pequeño de un grupo de datos. Se calcula como sigue:

Rango ó Amplitud = (Valor + grande) - (Valor + pequeño)

Ejemplo:

Calcular el Rango ó la Amplitud de los siguientes datos.

10, 20, 31, 46, 63, 35

Rango o Amplitud = 63-10 = 53

DESVIACIÓN MEDIA

Se define como la suma de los valores absolutos de sus desviaciones con respecto a su media aritmética, dividida por el número de ellas. Se calcula con la fórmula:

$$\frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n}$$

Ejemplo:

Encontrar la desviación media de los tiempos necesarios para procesar seis demandas de una compañía de Seguros de vista.

X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$ X_i - \bar{X} $
1	30/6=5	1-5= -4	4
6		6-5= 1	1
4		4-5= -1	1
4		4-5= -1	1
12		12-5= 7	7
3		3-5= -2	2
			16

n=6

Desviación Media = 16/6 = 2.67

VARIANZA

Se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de sus observaciones con respecto a su media, dividida por el número de observaciones. Se representa por la fórmula siguiente:

$$\text{Varianza} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

En caso, de que se utilicen muestras para determinar el comportamiento de la población, el valor de n, deberá ser sustituido por n-1.

Ejemplo:

En una fábrica textil se tomarón 7 observaciones en tiempos aleatorios sobre una sección de 400 telares, para determinar el número de telares funcionando en un instante dado. Los resultados fueron: 368, 353, 376, 361, 366, 351, 359. La amplitud en el conjunto de estas 7 observaciones (o el rango, como a veces se llama) es de $376-351 = 25$ telares. Obtenga la varianza de estos datos.

X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$ X_i - \bar{X} $
368	362	6	36
353		-9	81
376		14	196
361		-1	1
366		4	16
351		-11	121
<u>359</u>		-3	<u>9</u>
2534		$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 460$	
$n=7$		Varianza = $460/6 = 76.66$	

Para aplicar la fórmula de la varianza se utilizó $n-1$ ya que es una muestra.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Se define como la raíz cuadrada de la varianza, su fórmula es la siguiente:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Como puede observarse varia la fórmula de la varianza por que incluye la raíz cuadrada del resultado.

Si la desviación estándar que se calcula corresponde a una muestra de igual manera debe utilizar en algún lugar de n , el valor $n-1$, y se representa por la letra s .

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Ejemplo:

Obtenga la desviación estándar del ejercicio del ejemplo de la fábrica textil visto anteriormente.

$$S = \sqrt{76.66} = 8.76$$

COEFICIENTE DE VARIACIÓN

El coeficiente de variación se obtiene expresando la desviación estándar como porcentaje de la media.

Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Coeficiente de variación} = (\text{Desviación Estándar} / \text{Media}) (100)$$

En tanto que la desviación estándar, mide la variabilidad absoluta de los datos, el coeficiente de variación mide la variabilidad relativa a la media.

Ejemplo:

Una máquina llenadora llena 2 latas de conservas, "grande" y "pequeña". Se toman muestras de 30 conservas llenas y se pesa el contenido en cada lata de conserva; las medias y las desviaciones estándar de las dos muestras se en listan a continuación. Obtenga los coeficientes de variación.

Tamaño de la lata	\bar{x}	Desviación Estándar (s)
Grande	25 gms	.375 gms
Pequeña	16 gms	.320 gms

El coeficiente de variación se obtiene (Desviación Estándar / Media) (100)

$$\text{Coeficiente de variación lata grande} = (.375 / 25) (100) = 1.5\%$$

$$\text{Coeficiente de variación lata pequeña} = (.320 / 16) (100) = 2\%$$

SESGO

El sesgo es el grado de asimetría, o falta de simetría de una curva de distribución. Si la curva de distribución de frecuencias tiene una cola mas larga a la izquierda se dice que la curva esta sesgada a la izquierda o que

1.0 - 2.9	2
3.0 - 2.9	6
5.0 - 6.9	12
7.0 - 8.9	50
9.0 - 10.9	35
11.0 - 12.9	15
13.0 - 14.9	5

Para poder calcular la desviación estándar recuerde que requiere calcular previamente la varianza y para esta última se necesita la media de los datos. Además dado que los datos son datos agrupados deberá obtener la marca de clase (X_i) antes de calcular la media.

X_i	Suma
1.95(2)	3.9
2.95(6)	17.7
5.95(12)	71.4
7.95(50)	397.5
9.95(35)	348.25
11.95(15)	179.25
13.95(5)	69.75
$n=125$	Suma=1087.75

Media = $1087.75 / 125 = 8.702$

$X_i - \bar{x}$	$(X_i - \bar{x})^2$
$1.95 - 8.702 = -6.7$	44.89
$2.95 - 8.702 = -5.7$	32.49
$5.95 - 8.702 = -2.7$	7.29
$7.95 - 8.702 = -0.7$	0.49
$9.95 - 8.702 = 1.2$	1.44
$11.95 - 8.702 = 3.2$	10.24
$13.95 - 8.702 = 5.2$	27.04

Varianza = $123.88 / 125 = 0.99$

Desviación estándar = Raíz cuadrada de la varianza = 0.99

tiene sesgo negativo (ver figura 1.1). Si por el contrario, tuviera una cola mas larga a la derecha se dice que tiene sesgo positivo (ver figura 1.2).

La forma de calcular el sesgo es la siguiente:

$$\text{Sesgo} = (\text{Media} - \text{Moda}) / \text{Desviación Estándar}$$

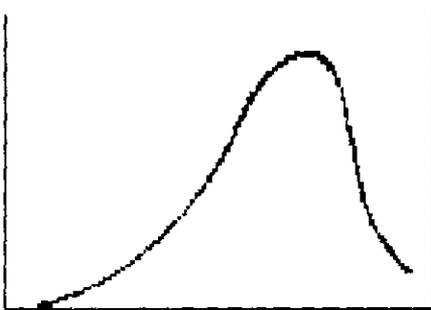


Figura 1.1.



Figura 1.2.

CURTOSIS

Es el grado de curvatura de una distribución, generalmente se toma en relación a la distribución normal. Una distribución que presenta apuntamiento relativamente alto, tal y como se muestra en la figura 1.3 se llama leptocúrtica, mientras que la curva de la figura 1.4 que es mas achatada se llama platicúrtica. La distribución normal representada en la figura 1.5, que ni es achatada y apuntada recibe el nombre de mesocúrtica.

Ejemplo:

De una muestra de empleados de una empresa se obtuvo la siguiente distribución de recorridos en los viajes entre el hogar y la oficina. Calcule: la Desviación Estándar, el sesgo y la curtosis.

Distancia

Frecuencia

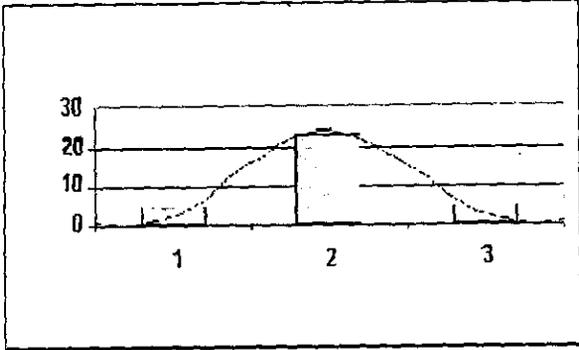


Figura 1.4.

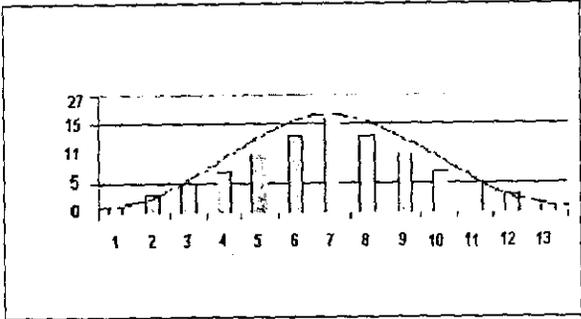
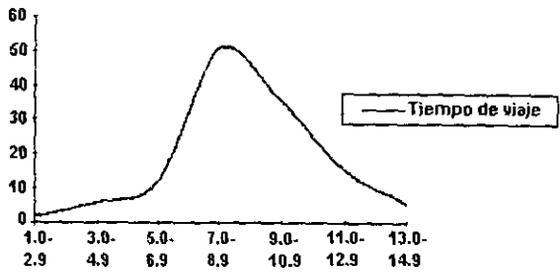


Figura 1.5.



Curtosis = Normal ó Mesocurtica.

Para el sesgo requerimos conocer la moda de los datos, como el que tiene mayor frecuencia es el de 50 viajes, la moda es de: 7.95. La curtosis se obtiene de graficar las frecuencias absolutas de los datos y ver el tipo de gráfica que presenta.

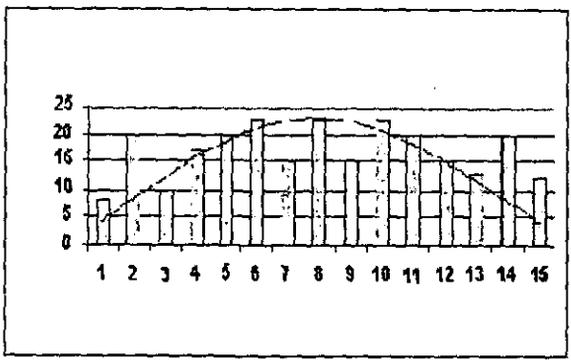


Figura 1.3.

CAP. II TEORÍA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (CEP)

En este capítulo se van a mencionar las herramientas del CEP, con el objeto de que el lector pueda conocerlas, por que estas se van a utilizar para la realización de este trabajo. Así como la definición del CEP.

2.1 DEFINICIÓN DE CEP

El control estadístico de procesos es un conjunto de herramientas empleadas para llevar a cabo la solución de problemas de calidad así como servir de apoyo en el control de procesos. Estas herramientas se pueden dividir en 3 grupos, las herramientas de análisis como son: Diagramas de Pareto, Diagramas de Causa—Efecto, Histogramas, Diagramas de Dispersión, las herramientas de recolección de datos en estas se engloban todos los formatos usados para la recopilación de la información, y las herramientas usadas para llevar a cabo el monitoreo del proceso en tiempo real mostrando un registro histórico de las variaciones que se van presentando en un breve periodo de tiempo del comportamiento de una variable crítica, por medio de esta podemos definir alarmas de posibles tendencias que pueden provocar que nuestro proceso se salga fuera de control o que el valor de nuestra variable se salga fuera de los límites de especificación.

La herramienta que se menciona anteriormente es la llamada Gráfica de Control. Este conjunto de herramientas se emplean junto con los otros sistemas de control con la finalidad de reducir en lo mas posible las variaciones que presentan las variables principales en un proceso. Así como también estas herramientas se emplean para llevar a cabo operaciones de optimización evitando en lo maximo posible el desperdicio, contar con planes lo mas eficientes posible para llevar a cabo acciones.

2.2 HERRAMIENTAS DEL CEP

DIAGRAMAS DE CAUSA-EFECTO

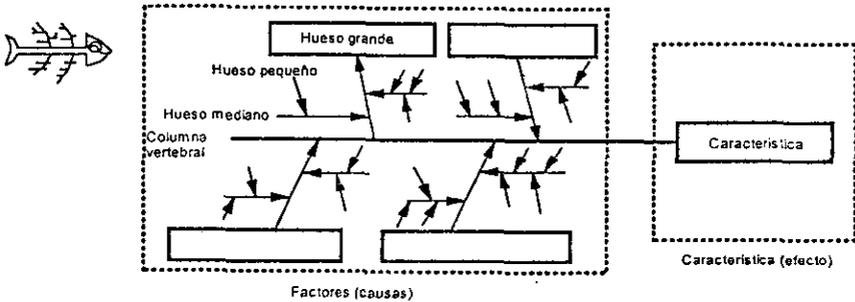
Esta es una gráfica que muestra la relación que existe entre una determinada característica de calidad y los factores que producen un efecto en la misma. La realización de un diagrama de causa-efecto que sea útil, es

una de las principales acciones para lograr tener éxito en la solución de problemas de calidad.

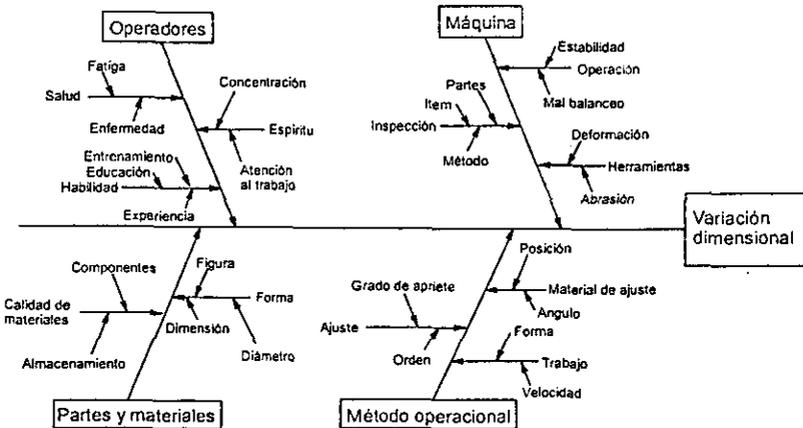
Los diagramas de causa-efecto se emplean para ubicar de una manera más rápida las causas que afectan el nivel de calidad, o un determinado aspecto dentro de una unidad productiva.

ESTRUCTURA DE LOS DIAGRAMAS DE CAUSA-EFECTO.

A estos diagramas también se les conoce con el nombre de diagramas de pescado o diagramas de árbol, y estos son como se muestra a continuación. (autor Kauro Ishikawa)



Por ejemplo:



En primer lugar se busca escoger una característica de calidad y describirla. Posteriormente se escriben en este orden las causas primarias(huesos grandes), las causas secundarias(huesos medianos) que afectan las causas primarias y las causas terciarias(huesos pequeños) que afectan a las causas secundarias.

Para la elaboración de los diagramas de causa-efecto se recomienda:

1. Identificar todos los factores relevantes mediante consulta y discusión entre muchas personas.
2. Expresar la característica tan concretamente como sea posible.
3. Realizar un diagrama para cada característica.
4. Escoger una característica y factores medibles y aquellos sobre los que sea posible actuar.

Estos diagramas se deben de mejorar continuamente y asignar la importancia de cada factor de manera objetiva de acuerdo a los datos.

Para la elección de una característica de calidad se debe:

1. Observar el comportamiento de una gráfica de pareto de fenómenos.
2. Se construye un diagrama de causa-efecto para obtener todas las causas que afectan a la característica de calidad.
3. Se construye una gráfica de pareto de causas para averiguar cuáles son los factores que afectan en mayor medida a la característica de calidad.

HISTOGRAMAS

Para el análisis de un proceso se debe llevar a cabo el registro de los diferentes factores que intervienen, y aunque es mejor tener la mayor cantidad de datos medidos, esto es un problema en el momento de su recolección y ordenamiento. Por este motivo se recurre a la realización del muestreo de tipo aleatorio, de tal caso que nos proporcione las características de toda la población y asegurar que se tome una muestra verdaderamente representativa.

Una muestra grande nos proporcionará más información, pero esto implica un aumento en la cantidad de datos, lo que dificulta la comprensión del comportamiento de la población, aun cuando se organicen en tablas. Una herramienta gráfica nos ayudará a representar esta información y

comprenderla de una manera objetiva y rápida. Esta herramienta es el HISTOGRAMA.

Para la realización de los histogramas primero se debe construir una TABLA DE FRECUENCIA de la siguiente forma:

Se obtienen los valores máximo y mínimo y se calcula el rango R. Después se procede a realizar una tabla de frecuencias, donde los límites de clase se proponen de manera que incluyan los valores máximo y mínimo; y la forma de aplicarlo se muestra en el ejemplo siguiente:

Ejemplo: Para investigar la distribución de los diámetros de ejes de acero producidos en un proceso de laminación, se midieron los diámetros de 90 vigas, como se muestra en la tabla 2.1. Hagamos un histograma usando estos datos.

Muestra Número	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN									
	1-10	2.510	2.517	2.522	2.522	2.510	2.511	2.519	2.532	2.543
11-20	2.527	2.536	2.506	2.541	2.512	2.515	2.521	2.536	2.529	2.524
21-30	2.529	2.523	2.523	2.523	2.519	2.528	2.543	2.538	2.518	2.534
31-40	2.520	2.514	2.512	2.534	2.526	2.530	2.532	2.526	2.523	2.520
41-50	2.535	2.523	2.526	2.525	2.532	2.522	2.502	2.530	2.522	2.514
51-60	2.533	2.510	2.542	2.524	2.530	2.521	2.522	2.535	2.540	2.528
61-70	2.525	2.515	2.520	2.519	2.526	2.527	2.522	2.542	2.540	2.528
71-80	2.531	2.545	2.524	2.522	2.520	2.519	2.519	2.529	2.522	2.513
81-90	2.518	2.527	2.511	2.519	2.531	2.527	2.529	2.528	2.519	2.521

Tabla 2.1.

Calculando el rango.

$$R = (\text{El máximo valor observado}) - (\text{El mínimo valor observado})$$

$$R = 2.545 - 2.502 = 0.043$$

El intervalo de clase se determina de manera que el rango, el cual incluye los valores máximo y mínimo, se divida en intervalos de igual amplitud. Para obtener la amplitud del intervalo, divida R por 1,2 o 5 (o 10, 20, 50; 0.1, 0.2, 0.5, etc.), de manera que se obtengan entre 5 y 20 intervalos de clase de igual amplitud. Cuando haya dos posibilidades, use el intervalo de menor amplitud si el número de valores medidos es de 100 o más y el de mayor amplitud, si hay 99 o menos valores observados. (Los números de intervalos que se dieron anteriormente fueron adquiridos empíricamente).

El primer cálculo que se hace es de:

- $0.043 / 0.002 = 21.5$ y lo aproximamos al siguiente número entero, con lo cual tenemos 22.
- $0.043 / 0.005 = 8.6$ y lo aproximamos al siguiente número entero, con lo cual tenemos 9.
- $0.043 / 0.010 = 4.3$ y lo aproximamos al número entero más cercano, lo cual tenemos 4.

De esta manera, el intervalo de clase se define como 0.005, pues esto da un número de intervalos entre 5 y 20. (9 INTERVALOS). Prepare un formato como el de la tabla 2.1.

Determine los límites de los intervalos de manera que incluyan los valores *mínimos* y *máximos*, y *escríbalos en la tabla de frecuencia*. Primero, determine el límite inferior de la primera clase y sumele la amplitud del intervalo para obtener el límite entre la primera y la segunda clase. Cuando lo haga, cerciórese de que la primera clase contiene el valor mínimo. El límite inferior de la primera clase se ubica a 1 / 2 de la unidad de medida a partir del valor mínimo observado. Luego, siga sumando la amplitud del intervalo al valor previo para obtener el segundo límite, el tercero, y así sucesivamente, y cerciórese de que la última clase incluye el valor máximo.

Los límites de la primera clase deben determinarse como 2.5005 y 2.5055 de manera que la clase incluya el valor mínimo 2.502; los límites de la segunda clase deben determinarse como 2.5055 ~ 2.5105, y así sucesivamente. Regístrelos en una tabla de frecuencias. (Ver la tabla 2.2). (Nota: $2.502 - (0.005 / 2) = 2.4995 \sim 2.500$, lo que daría un valor medio de la primera clase de 2.5025, que se redondea a 2.503 y se establecen los límites definitivos).

Calcule el punto medio de la clase utilizando la siguiente ecuación, y escríbalo en la tabla de frecuencias. Punto medio de la primera clase:

$$= \frac{\text{Suma de los límites superior e inferior de la segunda clase}}{2}$$

Punto medio de la segunda clase:

$$= \frac{\text{Suma de los límites superior e inferior de la segunda clase}}{2}$$

y así sucesivamente.

Los puntos medios de la segunda clase, la tercera clase, y así sucesivamente, pueden obtenerse también de la manera siguiente:

Punto medio de la segunda clase = punto medio de la primera + intervalo de clase. Punto medio de la tercera = punto medio de la segunda + intervalo de clase, y así sucesivamente.

$$\begin{aligned} \text{Punto medio de la primera clase:} \\ = \frac{2.5005 + 2.5055}{2} = 2.503 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Punto medio de la segunda clase:} \\ = \frac{2.5005 + 2.5105}{2} = 2.508 \end{aligned}$$

y así sucesivamente.

Lea los valores observados uno y registre las frecuencias correspondientes a cada clase, usando marcas en grupos de cinco, como sigue:

Frecuencia	1	2	3	4
Notación de frecuencia	/	//	///	////

Registre las frecuencias como se muestra en la tabla 2.2.

	Clase	Punto medio de la clase	Marcas de frecuencia (conteo)	de Frecuencia f
1	2.5005 - 2.5055	2.503	/	1

2	2.5055 - 2.5105	2.508		4
3	2.5105 - 2.5155	2.513		9
4	2.5155 - 2.5205	2.518		14
5	2.5205 - 2.5255	2.523		22
6	2.5255 - 2.5305	2.528		19
7	2.5305 - 2.5355	2.533		10
8	2.5355 - 2.5405	2.538		5
9	2.5405 - 2.5455	2.543		6
TOTAL			—	90

Tabla 2.2.

NOTAS

1. Habría un error en el conteo de las frecuencias si la suma de las frecuencias f ($\sum f$), no fuese igual al número total (n) de los valores observados.
2. Si se requiere la frecuencia relativa, puede obtenerse dividiendo la frecuencia f por n .

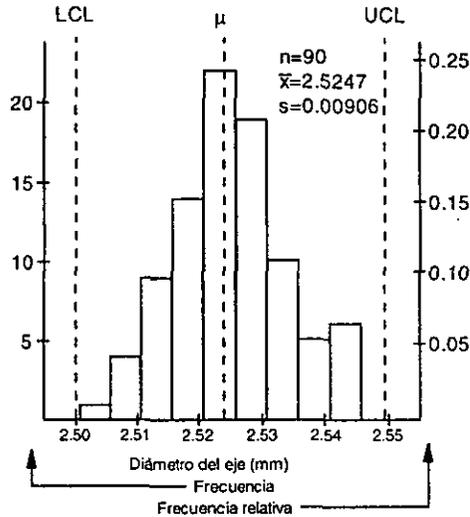
En el histograma se debe dibujar un eje horizontal con una escala que se basa en la unidad de medición. No es conveniente que se base en el intervalo de clase, ya que esto impediría que esta gráfica pudiera ser comparada con otras.

Este eje debe comprender desde el límite inferior de la primera clase hasta el límite superior de la última clase. Se dibuja un eje vertical a la izquierda con una escala de frecuencias; la relación de longitudes del eje vertical con respecto al eje horizontal debe estar entre 0.5 y 2.0 .

La escala de este eje debe estar desde cero hasta la frecuencia máxima alcanzada por los datos. Se dibuja un rectángulo donde su base abarca desde el límite inferior hasta el límite superior para cada clase, y la altura llega hasta el valor de la frecuencia para la clase correspondiente.

Sobre esta gráfica también se dibujan líneas que representan el valor medio o media (\bar{x}) y los límites inferior y superior de control (LCL y UCL), así como otros límites como son los 2 sigma y 1 sigma. Se escriben datos

tales como el valor de la media (\bar{x}), el número de datos, y la desviación estándar (s).



Se tienen definidos diferentes tipos de histogramas para obtener información útil sobre el proceso de manera visual, las siguientes son formas típicas:

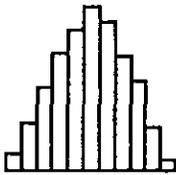


Figura 2.1.

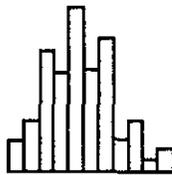


Figura 2.2.

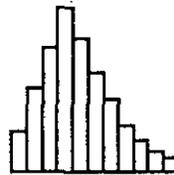


Figura 2.3.

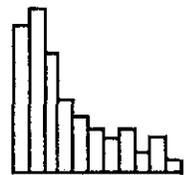


Figura 2.4.

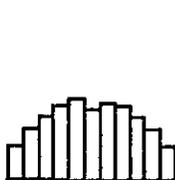


Figura 2.5.

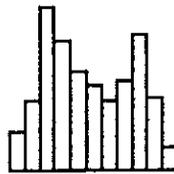


Figura 2.6.

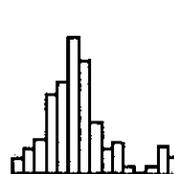


Figura 2.7

a) Tipo general (forma simétrica o de campana)

Forma: El valor de la media del histograma está en el centro del rango de los datos. La forma es simétrica.

Nota: Esta es la forma más frecuente. Ver figura 2.1.

b) Tipo peineta (multi-modal)

Forma: Cada tercera clase tiene una frecuencia menor.

Nota: Esta forma se presenta cuando el número de unidades de información incluida en la clase varía de una a otra, o cuando hay una tendencia particular en la forma como se aproximan los datos. Ver figura 2.2.

c) Tipo con sesgo positivo (con sesgo negativo)

Forma: Asimétrica. El valor de la media del histograma está localizado a la izquierda (derecha) del centro del rango.

Nota: Esta forma se presenta cuando el límite inferior (superior) se controla teóricamente o por un valor de especificación, o cuando no se presentan valores inferiores (superiores) a un valor muy cercano a la media del proceso. Ver figura 2.3.

d) Tipo de precipicio a la izquierda (de precipicio a la derecha)

Forma: Asimétrica. El valor de la media del histograma está localizado al extremo izquierdo (derecho) lejos del centro del rango.

Nota: Esta forma se presenta frecuentemente cuando se ha realizado una selección de 100% de la población, debido a una baja capacidad del proceso. Es un tipo de sesgo positivo (negativo) extremo. Ver figura 2.4.

e) Tipo planicie

Forma: Las frecuencias forman una planicie, por que las clases tienen más o menos la misma frecuencia, excepto en los extremos.

Nota: Se presenta cuando se mezclan varias distribuciones con valores de media diferentes. Ver figura 2.5.

f) Tipo de doble pico (bimodal)

Forma: La frecuencia es baja cerca del centro del rango de información y hay un pico a cada lado.

Nota: Esta forma se presenta cuando se mezclan dos distribuciones que tienen valores de la media muy diferentes. Ver figura 2.6.

g) Tipo de pico aislado

Forma: Se presenta un pequeño pico aislado además de un histograma de tipo general.

Nota: Esta es la forma que se presenta cuando se incluye una pequeña cantidad de datos de una distribución diferente, como en el caso de anomalía en el proceso, error de medición, o inclusión de información de un proceso diferente. Ver figura 2.7a.

LA DISTRIBUCION NORMAL

Los histogramas se construyen a partir de un cierto número de datos, pero cuando el número de datos es muy grande tendiendo hacia infinito, el intervalo de clase se reduce prácticamente a cero. Así se obtiene una curva de distribución totalmente lisa. Existen muchas clases de distribución, la más común es la *distribución normal*, como se muestra en la gráfica de la figura 2.7b.

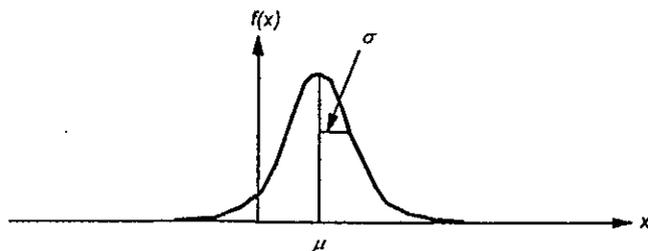


Figura 2.7 b.

En este tipo de gráfica la variación de una característica de calidad es causada por la suma de un gran número de errores infinitesimales independientes, debidos a diferentes factores.

Esta curva de distribución normal se puede representar matemáticamente como sigue:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

y su forma se presenta en la figura de abajo:

Se observa en la ecuación que la distribución normal está únicamente determinada por 2 parámetros μ y σ^2 y se designa $N(\mu, \sigma^2)$ donde:

μ - es el centro de la distribución (la media de la población)

σ - es la dispersión de la distribución (la desviación estándar de la población)

Para realizar cálculos de probabilidad se estandariza nuestra gráfica y se emplea una tabla de distribución normal. Para estandarizar aplicamos la siguiente ecuación a nuestros datos:

$$u = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Con lo que obtenemos una distribución estándar normal con parámetros $N(0,1^2)$. Teóricamente una variable aleatoria puede tener un valor entre $-\infty$ y $+\infty$, pero de acuerdo a la figura de la distribución normal, el 99.7% de las veces la variable cae dentro de los límites $\pm 3\sigma$ por lo que en la practica podemos despreciar que el valor x caiga fuera de los límites $\mu \pm 3\sigma$. Este hecho es muy importante porque determina los límites de control y es lo que se le conoce *regla de 3-sigma*. En donde en el caso de que uno de los datos quede fuera de estos límites, nos indica que se presentó una anomalía seria dentro del proceso.

En la gráfica de la figura 2.8 se presenta la relación existente entre μ , σ y la probabilidad de que una medición esté en una de las regiones especificadas.

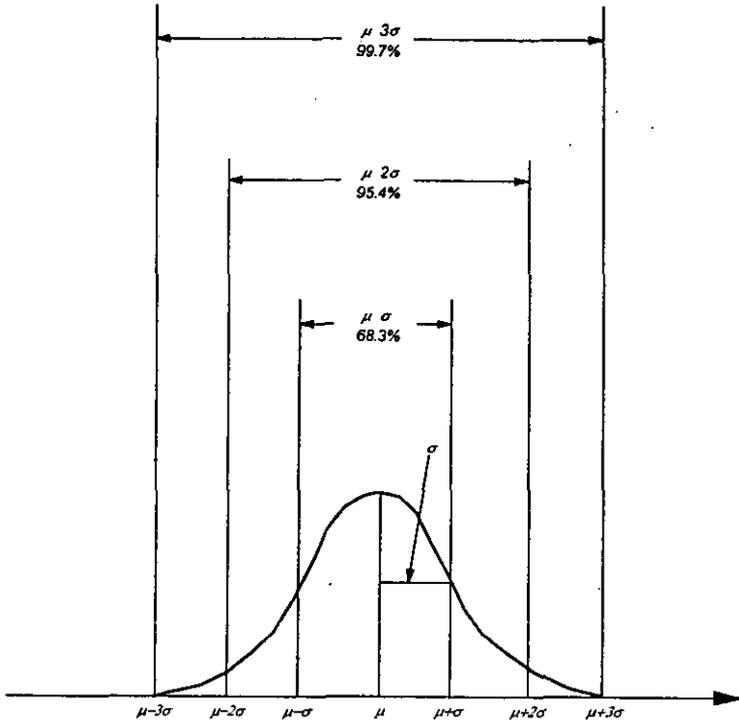


Figura 2.8.

Después de que se comprueba que el proceso sigue una distribución normal, se inicia un estudio de su capacidad para saber si puede o no cumplir con las especificaciones y para determinar el número de productos defectuosos a partir de las especificaciones dadas y de los parámetros (μ , σ). Pero para la evaluación del proceso por lo general se emplea el índice de capacidad del proceso (C_p), el cual se calcula como sigue:

Con especificaciones bilaterales: (LE_s y LE_i)

$$C_p = \frac{LE_s - LE_i}{6s}$$

Con especificaciones unilaterales:

$$C_p = \frac{LE_s - \bar{x}}{3s} \text{ o } C_p = \frac{\bar{x} - LE_i}{3s}$$

Dependiendo del valor de C_p el proceso se califica como sigue:

$1.33 \leq C_p$		satisfactorio
$1.00 \leq C_p$	< 1.33	adecuado
C_p	< 1.00	inadecuado

HOJAS DE REGISTRO DE DATOS

Los objetivos de la hoja de registro son:

- 1) Facilitar la recolección de los datos
- 2) Organizar automáticamente los datos, de manera que puedan usarse con facilidad más adelante.

Aunque parezca sencillo, el registro de datos es muy complicado. Se deben definir objetivos claros, cuál es el propósito de la recolección, saber la confiabilidad de las mediciones de las cuales se va a hacer el registro, saber que se va a hacer con la información, y de acuerdo a esto, se deben elegir las formas apropiadas para su recolección. Las hojas de registro se escogen de tal manera que los datos se ordenen lo mejor posible conforme se van registrando.

Existen diferentes tipos de hojas de registro y se emplean de acuerdo a el tipo de datos que se van a recoger y cómo van a ser empleados.

Hoja de registro para la distribución del proceso de producción: Esta hoja se parece a la tabla de registro para un histograma. En esta hoja se van registrando las variaciones de una especificación, suponga que queremos saber las variaciones en las dimensiones de cierta clase de partes cuya especificación de maquinado es 8.300 ± 0.008 , y prácticamente al finalizar la recolección de datos el histograma estará listo.

Lo único que se tiene que hacer es marcar cada una de las casillas de acuerdo a los valores que se van midiendo. Cuando se requiera estratificar usando la misma hoja, se recomienda utilizar diferentes colores o símbolos de manera que posteriormente se puedan observar las diferencias.

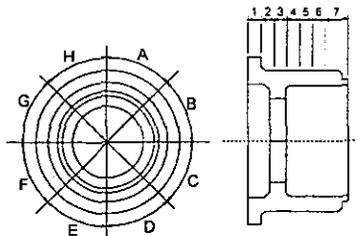
	Desv.	Registros										Frecuencia			
					5			10			15			20	
	-10														
	-9														
Especificación	-8														
	-7														
	-6														
	-5	█													1
	-4	██													2
	-3	███													4
	-2	████													6
	-1	█████													9
8.300	0	██████													11
	1	██████													8
	2	██████													7
	3	██████													3
	4	██████													2
	5	██████													1
	6	██████													1
	7														
Especificación	8														
	9														
	10														
Total													55		

Hoja de registro de ítems (artículos) defectuosos: En esta hoja se registran el tipo y número de defectos que se presentan dentro de un producto, mostrando claramente los defectos más sobresalientes. Cada vez que se encuentra un defecto, el inspector dibuja una marca. Si se utiliza una misma hoja se recomienda realizar la estratificación correspondiente; por ejemplo para los datos registrados en la mañana y en la tarde, o bien, quién fue el operador que estuvo laborando en el momento de registrar los datos. Hay que tener presente qué acciones se van a tomar, dependiendo de las variadas condiciones que se puedan presentar, por ejemplo cómo se considerarán dos defectos que se encuentren en el mismo producto y cómo se van a registrar. En el ejemplo de abajo se tienen 62 defectos pero solamente 42 productos fueron rechazados.

Producto: _____	Fecha: _____
Etapa manufactura: _____	de Sección: _____
Tipo de defecto: <u>rayones, incompleto,</u> Nombre _____ del	
<u>rajado, deformado</u> inspector: _____	

Número total inspeccionado: <u>1525</u>	Número lote: _____	del
Observaciones: <u>se inspeccionaron todos los ítems</u>	Número orden: _____	de
Tipo	Registro	Subtotal
Rayas superficiales	### ## ## //	17
Rajaduras	### ## /	11
Incompleto	### ## ## ## ## /	26
Deforme	///	3
Otros	###	5
	Total:	62
Total rechazados	### ## ## ## ## ## ## ## ## //	42

Hoja de registro de localización de defectos: Esta hoja se emplea para disminuir el hecho de que aparezcan defectos en los productos. En estas hojas se tienen diagramas del producto para observar el sitio de la ocurrencia de los defectos, con esto es más fácil encontrar las causas que originan los defectos. Cuando los datos concernientes a los defectos son vaciados en un diagrama de concentración de errores, tomando en cuenta un número considerable de unidades, entonces, por lo regular, surge un parámetro que contiene información relevante referente a los defectos.



Matriz de localización de defectos

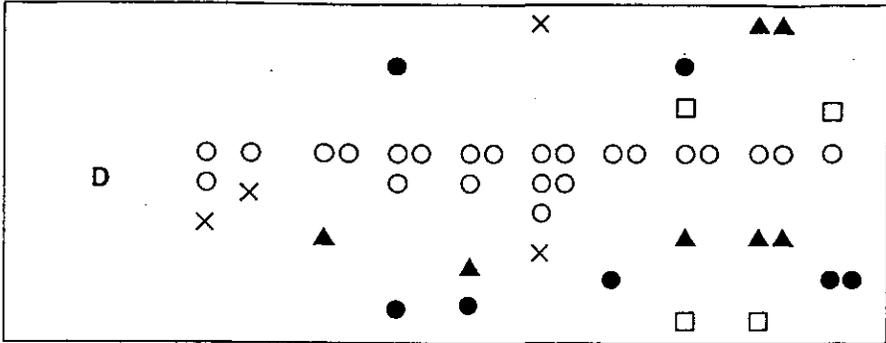
Radial\Circular	1	2	3	4	5	6	7	Total
A			/					1
B								
C								

D										
E	///		/// /							9
F	/	//								3
G										
H										
Total	4	2	7							13

Otra posible hoja de registro de localización de defectos se muestra a continuación. En este caso se coloca una marca correspondiente al código de defectos en la zona en la cual se ubica el defecto.

Hoja de registro de las causas del defecto: Estas hojas se emplean para realizar una estratificación adicional de los defectos para encontrar las causas que los provocan. Nos ayudan a combinar los datos sobre la causas, con los datos correspondientes a los efectos. Cuando el caso es sencillo, es posible analizar el problema sin tener que recurrir a la realización de diagramas de dispersión.

Equipo	Operario	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
		A	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Máquina 1	A	○	○	○○	○	○○	○○	○○	○	○○	○○
		○	x	○	xx	○	○○	○○	xx	○○	○
		x				xx	xx	x		○	xx
						x	x				
		●				●		●●			●
	B	○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○
		x	○	○○	○	○○	○○	○○	○	○	○○
		x	xx	○○	xx	○○	○○	○	x	xx	○
			x	xx		xx	x	xx			xx
		●							●●	●	
			●			●	●				●
Máquina 2	C	○	○	○○		○○	○○	○○	○	○○	○
		○	x			○○	○○				
		x				○	○○				



O: Rayado en la superficie X: Porosidad ▲: Terminado defectuoso
 ●: Forma inadecuada □: Otros

DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

Los diagramas de dispersión nos sirven para obtener la relación que guardan dos determinados factores o características de calidad que llamaremos variables. Los diagramas de dispersión nos ayudan a encontrar la relación entre dos variables y así mismo obtener una ecuación del comportamiento de la relación de ambas variables. Un ejemplo de como aplicar esta herramienta es cuando se desea conocer en que proporción se modificaría cierta característica de calidad con respecto a un determinado factor de calidad.

Otra aplicación que se le puede dar es cuando se tiene un determinado factor difícil de medir, este se puede medir de manera indirecta, para lo cual se obtiene la relación que guardaría este con otro factor del cual se puede obtener una medición con facilidad, entonces sería conveniente encontrar la relación que guardan ambas variables.

Un diagrama de dispersión es un plano cartesiano donde se gráfica los puntos que tienen como coordenadas valores de 2 diferentes características de calidad o factores, los cuales pueden enmarcarse así:

- a) una característica de calidad y un factor que la afecta
- b) dos características de calidad relacionadas
- c) dos factores relacionados con una sola característica de calidad

Un diagrama de dispersión se elabora de la siguiente forma:

Se realiza la recolección de los pares de datos (x, y) y se organizan en una tabla. Es recomendable tener cuando menos 30 pares de datos.

Fecha	Presión de aire (Kg/cm ²)	Porcentaje de defectos (%)	Fecha	Presión de aire (Kg/cm ²)	Porcentaje de defectos (%)
Oct. 1	8.6	0.889	Oct. 22	8.7	0.892
2	8.9	0.884	23	8.5	0.877
3	8.8	0.874	24	9.2	0.885
4	8.8	0.891	25	8.5	0.866
5	8.4	0.874	26	8.3	0.896
8	8.7	0.886	29	8.7	0.896
9	9.2	0.911	30	9.3	0.928
10	8.6	0.912	31	8.9	0.886
11	9.2	0.895	Nov. 1	8.9	0.908
12	8.7	0.896	2	8.3	0.881
15	8.4	0.894	5	8.7	0.882
16	8.2	0.864	6	8.9	0.904
17	9.2	0.922	7	8.7	0.912
18	8.7	0.909	8	9.1	0.925
19	9.4	0.905	9	8.7	0.872

Se localizan los valores mínimo y máximo. Se escogen las escalas para los ejes horizontal y vertical, de manera que la longitud de ambos ejes sea aproximadamente igual. En el caso de que se trate de un factor y una característica de calidad, use el eje X para el primero y el eje Y para la característica. Se registran los datos. Cuando se tengan dos puntos iguales se deben registrar de manera que se observe que existen 2 puntos o más, y finalmente se deben registrar aspectos referentes al diagrama que sean de utilidad, como son:

- a) título del diagrama
- b) período de tiempo
- c) número de pares de datos
- d) título y unidades de cada eje
- e) nombre de la persona que hizo el diagrama.

Para realizar el análisis de los diagramas se observa si existen puntos muy alejados, si es el caso se eliminan, ya que por lo general se trata de errores en la medición; registro de datos, o por cambios en las condiciones de operación. Este tipo de diagrama de dispersión se muestra en la figura 2.8.

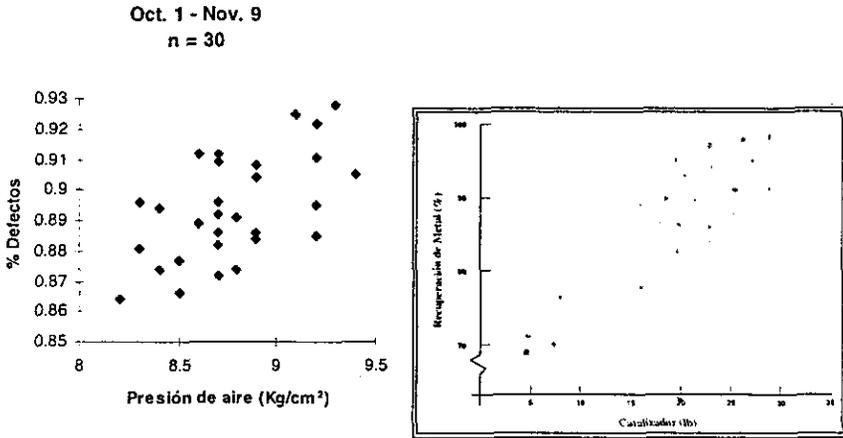


Figura 2.8.

GRÁFICAS DE CONTROL

Una gráfica de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurre por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control.

TIPOS DE GRÁFICA DE CONTROL

Hay dos tipos de gráficas de control, una para valores continuos y otra para valores discretos. Los tipos son:

VALOR CARACTERÍSTICA	NOMBRE
Valor Continuo	Gráfica \bar{x} - R (Valor Promedio y rango) Gráfica \bar{x} (Variable de medida)
Valor Discreto	Gráfica pn (Número de unidades defectuosas) Gráfica p (Fracción de unidades defectuosas) Gráfica c (Número de defectos) Gráfica u (Número de defectos por unidad)

Gráfica \bar{x} - R

Se usa para controlar y analizar un proceso, en el cual la característica de calidad de producción que se está midiendo toma valores continuos, tales como longitud, peso o concentración. Esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso.

Gráfica x

Cuando los datos de un proceso se registran durante intervalos largos, o los subgrupos de datos no son efectivos, se gráfica cada dato individualmente y esta gráfica puede usarse como gráfica de control.

Gráfica pn, Gráfica p

Estas gráficas se usan cuando la característica de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o la fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa la gráfica *pn* del número de unidades defectuosas; mientras que una gráfica *p* de la fracción de defectos, se usa para una muestra de tamaño variable.

Gráfica c, Gráfica u

Se usan para controlar y analizar un proceso por los defectos de un producto, tales como rayones en placas de metal, número de soldaduras defectuosas, etc. Una gráfica *c* referida al número de defectos, se usa para un producto cuyas dimensiones son constantes, mientras que una gráfica *u* se usa para un producto de dimensión variable.

LISTA DE FÓRMULAS PARA LÍNEAS DE CONTROL

Tipo de gráfica de control	Límite superior de control (LCs) Línea Central(LC) Límite inferior de control(LCi)
\bar{x} Valor continuo-promedio	$LC_s = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$ $LC = \bar{\bar{x}}$ $LC_i = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$
R Valor continuo - rango	$LC_s = D_4 \bar{R}$ $LC = \bar{R}$ $LC_i = D_3 \bar{R}$
X Valor continuo-valor medido	$LC_s = \bar{\bar{x}} + 2.66 \bar{R}_s$ $LC = \bar{\bar{x}}$ $LC_i = \bar{\bar{x}} - 2.66 \bar{R}_s$

Pn Valor discreto-número de unidades defectuosas	$LC_s = \bar{pn} + 3\sqrt{pn(1-\bar{p})}$ $LC = \bar{pn}$ $LC_i = \bar{pn} - 3\sqrt{pn(1-\bar{p})}$
P Valor discreto-fracción de unidades defectuosas	$LC_s = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$ $LC = \bar{p}$ $LC_i = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
C Valor discreto - número de defectos	$LC_s = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $LC = \bar{c}$ $LC_i = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
U Valor discreto-número de defectos por unidad	$LC_s = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$ $LC = \bar{u}$ $LC_i = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$

CÓMO ELABORAR UNA GRÁFICA DE CONTROL

Gráfica \bar{x} -R

A continuación se muestran los procedimientos para desarrollar la gráfica \bar{x} -R.

1. Recopilación aproximadamente 100 datos. Divídalos en 20 ó 25 subgrupos con 4 ó 5 en cada uno, haciéndolos uniformes dentro del subgrupo. Regístrelos en una hoja de datos (tabla 2.3). Cuando no hay razones técnicas para hacer subgrupos, divida los datos en el orden en que se obtuvieron. El tamaño del grupo es generalmente entre 2 y 10 en la mayoría de los casos.
2. Calcule el promedio de \bar{x} para cada subgrupo, donde n es el tamaño de cada subgrupo. Por lo general, el resultado se calcula con una cifra decimal más que aquellas de los datos originales.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

3. Calcule el promedio bruto $\bar{\bar{x}}$ dividiendo el total de los \bar{x} 's de cada subgrupo por el número de subgrupo k.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{k}$$

Ejemplo:

Para el primer subgrupo.

$$\bar{x} = (47 + 32 + 44 + 35 + 20)/5 = 35.6$$

SUB. No.	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	Σx	\bar{x}	R
1	47	32	44	35	20	178	35.6	27
2	19	37	31	25	34	146	29.2	18
3	19	11	16	11	44	101	20.2	33
4	29	29	42	59	38	197	39.4	30
5	28	12	45	36	25	146	29.2	33
6	40	35	11	38	33	157	31.4	29
7	15	30	12	33	26	116	23.2	21
8	35	44	32	11	38	160	32.0	33
9	27	37	26	20	35	145	29.0	17
10	23	45	26	37	32	163	32.6	22
11	28	44	40	31	18	161	32.2	26
12	31	25	24	32	22	134	26.8	10
13	22	37	19	47	14	139	27.8	33
14	37	32	12	38	30	149	29.8	26
15	25	40	24	50	19	158	31.6	31
16	7	31	23	18	32	111	22.2	25
17	38	0	41	40	37	156	31.2	41
18	35	12	29	48	20	144	28.8	36
19	31	20	35	24	47	157	31.4	27
20	12	27	38	40	31	148	29.6	28
21	52	42	52	24	25	195	39.0	28
22	20	31	15	3	28	97	19.4	28
23	29	47	41	32	22	171	34.2	25
24	28	27	22	32	54	163	32.6	32
25	42	34	15	29	21	141	28.2	27
TOTAL							746.6	686
PROMEDI							-	-
O							29.86	27.44

TABLA 2.3.

$$\bar{x} = (35.6 + 29.2 + \dots + 28.2) / 25 = 29.86$$

\bar{x} se calcula con dos cifras decimales más que aquellas de los datos originales.

4. Calcule el rango de cada subgrupo R, restando el valor mínimo del valor máximo de los datos en el subgrupo.

$$R = (\text{valor máximo en un subgrupo}) - (\text{valor mínimo en un subgrupo})$$

Ejemplo por el primer subgrupo.

$$R = 47 - 20 = 27$$

5. Calcule el promedio \bar{R} del rango R, dividiendo el total de los R's de cada subgrupo por el número de grupo k.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

Ejemplo

$$\bar{R} = (27 + 18 + \dots + 27) / 25 = 27.44$$

\bar{R} debe calcularse con dos cifras decimales más que aquellas de los datos originales (el mismo número de decimales que el de \bar{x})

6. Calcule cada una de las líneas de control para la gráfica \bar{x} y la gráfica R con las siguientes fórmulas:

Gráfica \bar{x}	Ejemplo
Línea central: $LC = \bar{x}$	Línea central $LC = 29.86$
Límite de control superior $LC_s = \bar{x} + A_2 \bar{R}$	Límite de control superior $LC_s = 29.86 + 0.577(27.44) = 45.69$
Límite de control inferior $LC_i = \bar{x} - A_2 \bar{R}$	Límite de control inferior $LC_i = 29.86 - 0.577(27.44) = 14.03$

Gráfica R	Ejemplo
Línea central: $LC = R$	Línea central $LC = 27.44$

Límite de control superior $LC_s = D_4 \bar{R}$	Límite de control superior $LC_s = 2.115 (27.44) = 58.04$
Límite de control inferior $LC_i = D_3 \bar{R}$	Límite de control inferior $LC_i = -$ (no se considera)

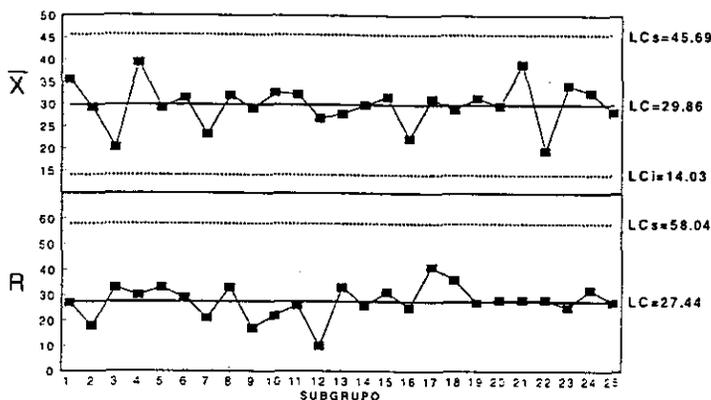
A_2 , D_4 Y D_3 son los coeficientes determinados por el tamaño de un subgrupo (n), y se muestran en la siguiente tabla:

Tamaño de la Muestra n	Gráfica \bar{x}	Gráfica R				
	A_2	d_2	$1/d_2$	d_3	D_3	D_4
2	1.880	1.128	0.8862	0.853	-	3.267
3	1.023	1.693	0.5908	0.888	-	2.575
4	0.729	2.059	0.4857	0.880	-	2.282
5	0.577	2.326	0.4299	0.864	-	2.115
6	0.483	2.534	0.3946	0.848	-	2.004
7	0.419	2.704	0.3698	0.833	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.3512	0.820	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.3367	0.808	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.3249	0.797	0.223	1.777

Nota: "El símbolo "-" en la columna D_3 significa que nos ha considerado el límite de control inferior".

- Para dibujar las líneas de control, primero prepare una hoja de papel cuadrulado y marque el eje vertical de la izquierda con los valores de \bar{x} y de R, y el eje horizontal con el número de subgrupos. Para el eje vertical escoja una escala tal que los límites de control superior e inferior quedan a una distancia de 20-30 mm uno del otro. Dibuje una línea sólida para la línea central y una línea punteada para los límites.
- Localice los puntos registrando los valores de \bar{x} y de R de cada subgrupo sobre la misma línea vertical, en el orden del número del subgrupo sobre la línea horizontal a intervalos de 2 a 5 mm. Con el fin de que se puedan reconocer fácilmente los valores que estén fuera de rango, enciérrelos en un círculo.
- Escriba el tamaño del subgrupo (n) en el extremo superior izquierdo de la gráfica \bar{x} . Incluya también cualquier otro aspecto relevante para el proceso, tal como los nombres del proceso y del producto, el período, el método de medición, las condiciones de trabajo, el turno etc.

GRÁFICO \bar{x} -R



Gráfica pn-p

A continuación se muestran los procedimientos para desarrollar la gráfica pn.

1. Reúna los datos, tome una muestra y clasifique la calidad del producto en unidades que llenen o no los requisitos, según el estándar de inspección. En este caso tome una muestra de tamaño tal que la mayoría de los subgrupos tengan entre 1 y 5 unidades defectuosas, y recoja de 20 a 25 subgrupos (tabla 2.4).
2. Calcule la fracción promedio de defectos \bar{p} , dividiendo el número de unidades defectuosas de cada subgrupo entre el número total de muestras.

$$\bar{p} = \frac{\sum pn}{k(n)}$$

Ejemplo:

$$\bar{p} = 68 / (25 \times 100) = 0.0272$$

Subgrupo No.	Tamaño del Subgrupo n	(Número de unidades defectuosas)	de (Valor discreto-fracción de)
--------------	-----------------------	----------------------------------	---------------------------------

		defectuosas) pn	unidades defectuosas) p
1	100	4	0.04
2	100	2	0.02
3	100	0	0
4	100	5	0.05
5	100	3	0.03
6	100	2	0.02
7	100	4	0.04
8	100	3	0.03
9	100	2	0.02
10	100	6	0.06
11	100	1	0.01
12	100	4	0.04
13	100	1	0.01
14	100	0	0
15	100	2	0.02
16	100	3	0.03
17	100	1	0.01
18	100	6	0.06
19	100	1	0.01
20	100	3	0.03
21	100	3	0.03
22	100	2	0.02
23	100	0	0
24	100	7	0.07
25	100	3	0.03
Total	Σn=2500	Σpn=68	

TABLA 2.4.

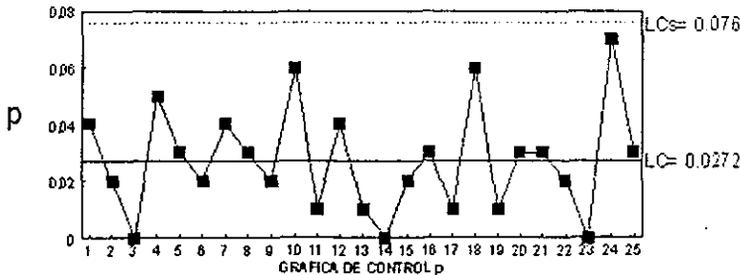
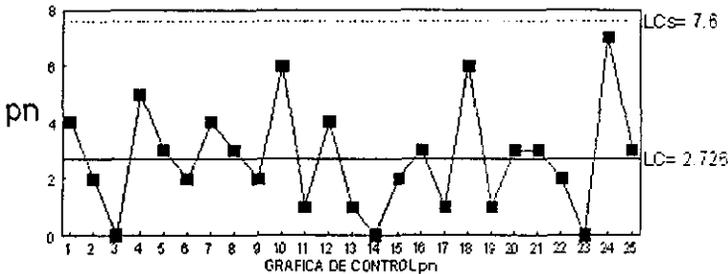
3. El siguiente paso es calcular las líneas de control:

Gráfica pn	Ejemplo
Línea central: $LC = \bar{pn}$	Línea central $LC = 0.0272 \times 100 = 2.72$
Límite de control superior $LC_u = \bar{pn} + 3\sqrt{\bar{pn}(1-p)}$	Límite de control superior $LC_u = 2.72 + 3\sqrt{2.72(1-0.0272)} = 7.6$
Límite de control inferior $LC_i = \bar{pn} - 3\sqrt{\bar{pn}(1-p)}$	Límite de control inferior $LC_i = 2.72 - 3\sqrt{2.72(1-0.0272)} =$ no se considera cuando es número

negativo

Gráfica p	Ejemplc
Línea central: $LC = \bar{p}$	Línea central $LC = 0.0272$
Límite de control superior $LC_s = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	Límite de control superior $LC_s = 0.0272 + 3\sqrt{0.0272(1-0.0272)/100} = 0.076$
Límite de control inferior $LC_i = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	Límite de control inferior $LC_i = 0.0272 - 3\sqrt{0.0272(1-0.0272)/100} =$ no se considera cuando es número negativo

4. Para construir la gráfica de control, marque el eje horizontal con el número de subgrupos y el eje vertical con el número de unidades defectuosas o fracción. Dibuje una línea sólida para la línea central de pn, p y líneas discontinuas para LC_s y LC_i. Luego, registre el número de unidades defectuosas de cada subgrupo.



GRÁFICA c-u

Gráfica c

Para realizar y entender este tipo de gráfica se optó por mostrar un ejemplo.

En la tabla 2.5 se presenta el número de unidades defectuosas en 26 muestras sucesivas de 100 tarjetas de impresoras. Note que por razones de conveniencia la unidad de inspección está identificada como 100 tarjetas. De las 26 muestras se encontraron 516 defectuosas.

Número de Muestra	Unidades Defectuosas	Número de Muestra	Unidades Defectuosas
1	21	14	19
2	24	15	10
3	16	16	17
4	12	17	13
5	15	18	22
6	5	19	18
7	28	20	39
8	20	21	30
9	31	22	24
10	25	23	16
11	20	24	19
12	24	25	17
13	16	26	15
			Total= 516

TABLA 2.5.

Calculando la fracción promedio de defectos \bar{c} , dividiendo el número de unidades defectuosas de cada subgrupo entre el número total de muestras.

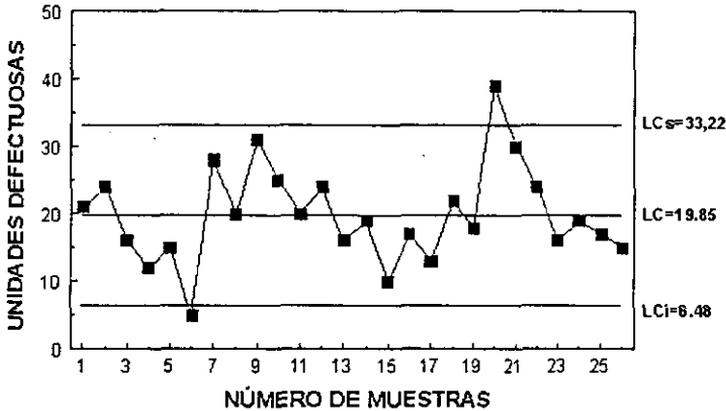
$$\bar{c} = 516/26 = 19.85$$

Sin embargo los límites de control son:

Gráfica c	Ejemplo
Línea central:	Línea central
$LC = \bar{c}$	$LC = 19.85$

Límite de control superior $LC_s = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	Límite de control superior $LC_s = 19.85 + 3\sqrt{19.85} = 33.22$
Límite de control inferior $LC_i = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	Límite de control inferior $LC_i = 19.85 - 3\sqrt{19.85} = 6.48$

GRÁFICA C



En la gráfica de control que se mostró anteriormente se observa el número de unidades defectuosas, las cuales en dos puntos están fuera de los límites de control, que son la muestra 6 y 20. Investigando la muestra 6 nos reveló que un nuevo inspector examinó las tarjetas de esta muestra y no reconoció los tipos de conformidad que han sido presentados. Con lo que se refiere a la muestra 20 que también es de no conformidad, la causa fue un problema en el control de temperatura del equipo para soldar.

GRÁFICA u

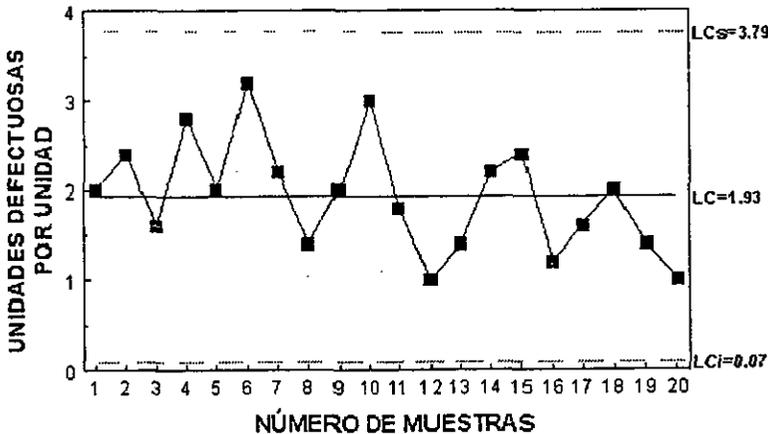
En la manufactura de una computadora personal se desea realizar una gráfica de control de no conformidad por unidad, para establecer la línea final de ensamble. La medida de la muestra es seleccionada de 5 computadoras. Los número de datos de no conformidad son de 20 muestras, donde cada muestra contiene 5 computadoras como se indica en la tabla 2.6. Con estos datos se tienen que estimar el número promedio de no conformidad por unidad.

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{20} u_i}{20} = \frac{38.6}{20} = 1.93$$

Gráfica u	Ejemplo
Línea central: $LC = \bar{u}$	Línea central $LC = 1.93$
Límite de control superior $LC_s = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$	Límite de control superior $LC_s = 1.93 + 3\sqrt{1.93/5} = 3.79$
Límite de control inferior $LC_i = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$	Límite de control inferior $LC_i = 1.93 - 3\sqrt{1.93/5} = 0.07$

A continuación se muestra la gráfica de control:

Gráfica u



NÚMERO DE MUESTRA	MEDIDA DE LA MUESTRA	NÚMERO TOTAL DE NO CONFORMIDAD	NÚMERO PROMEDIO DE NO CONFORMIDAD POR UNIDAD, $u=c/n$
1	5	10	2.0
2	5	12	2.4
3	5	8	1.6
4	5	14	2.8
5	5	10	2.0
6	5	16	3.2

7	5	11	2.2
8	5	7	1.4
9	5	10	2.0
10	5	15	3.0
11	5	9	1.8
12	5	5	1.0
13	5	7	1.4
14	5	11	2.2
15	5	12	2.4
16	5	6	1.2
17	5	8	1.6
18	5	10	2.0
19	5	7	1.4
20	5	5	1.0
Total		193	38.6

TABLA 2.6.

CÓMO LEER LAS GRÁFICAS DE CONTROL

Lo más importante en el control del proceso es captar el estado del proceso de manera precisa, leyendo la gráfica de control y tomando acciones apropiadas cuando se encuentra algo anormal en el proceso. El estado controlado del proceso es cuando el proceso es estable, es decir, el promedio y la variación del proceso no cambian. Si un proceso está o no controlado, se juzga según los siguientes criterios a partir de la gráfica de control.

1 FUERA DE LOS LÍMITES

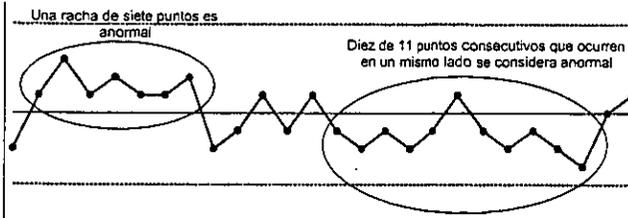
Puntos que están por fuera de los límites de control.

2 RACHA

La racha es el estado en el cual los puntos ocurren continuamente en un lado de la línea central y el número de puntos se llama longitud de la racha.

Una longitud de siete puntos en una racha se considera anormal. Aun si la longitud de la racha está por debajo de 6, se consideran anormales los siguientes casos:

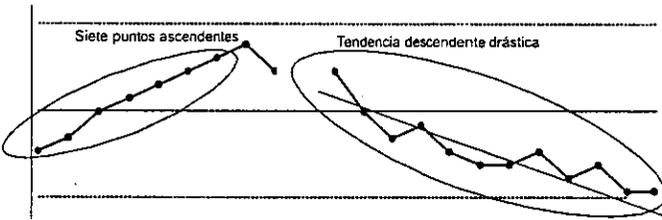
- a) Al menos 10 de 11 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.
- b) Al menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.
- c) Al menos 16 de 20 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.



Racha

3 TENDENCIA

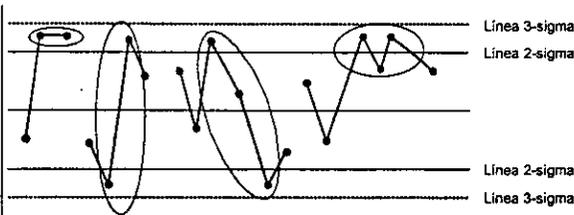
Cuando los puntos forman una curva continua ascendente o descendente, se dice que hay una tendencia.



Tendencia

4 ACERCAMIENTO A LOS LÍMITES DE CONTROL

Teniendo en cuenta los puntos que se acercan a los límites de control de 3 sigma, si 2 de 3 puntos ocurren por fuera de las líneas de 2 sigma, el caso se considera anormal.

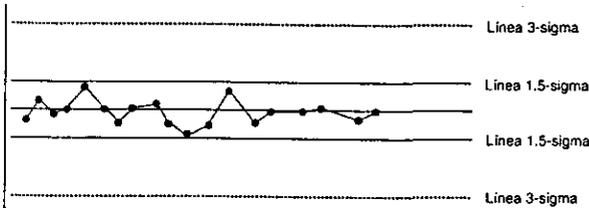


Acercamiento a los límites de control (2 de 3 puntos)

5 ACERCAMIENTO A LA LÍNEA CENTRAL

Cuando la mayoría de los puntos están dentro de las líneas de 1.5-sigma (los bisectores de la línea central y de cada uno de los límites de control), esto se debe a una forma inapropiada de hacer los subgrupos. El acercamiento a la línea central no significa un estado de control, sino una mezcla de la información de diferentes poblaciones en los subgrupos, lo cual hace que los límites de control sean demasiado amplios. Cuando se

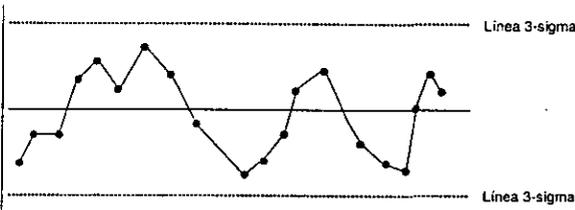
presenta esta situación es necesario cambiar la manera de hacer los subgrupos.



Acercamiento a la línea central

6 PERIODICIDAD

También es anormal que la curva muestre repetidamente una tendencia ascendente y descendente para casi el mismo intervalo.



Periodicidad

GRAFICAS DE PARETO

Todos los problemas dentro de un proceso tienen dos tipos de causas: las POCAS VITALES y las MUCHAS TRIVIALES. Los diagramas de Pareto, que son básicamente distribuciones de frecuencia de los atributos de los datos arreglados por categorías, nos ayudan a separar los dos tipos de problemas.

Una de las características de las causas POCAS VITALES es que se presentan con mayor frecuencia con respecto a las MUCHAS TRIVIALES, por lo que las primeras se pueden identificar fácilmente.

El método denominado ANÁLISIS DE PARETO nos dice que en la mayoría de los casos los defectos y su costo se deben a un número relativamente pequeño de causas (POCAS VITALES). Se procede a emplear la siguiente herramienta gráfica para localizar dichas causas, y una

vez ubicadas se puede dar solución a estas POCAS VITALES, dejando de lado por el momento las MUCHAS TRIVIALES.

Para la elaboración de los Diagramas de Pareto se siguen los siguientes pasos:

- 1) Decidir qué problemas se van a investigar, los datos que se van a necesitar y como recoger dichos datos.
- 2) Diseñar una tabla para conteo de datos con espacio suficiente para llevar a cabo el registro de los totales.

Tipo de defecto	Conteo	Total
Fractura	### ###	10
Rayado	### ### ### ### ### //	42
Mancha	### /	6
Tensión	### ### ### ### ### ////	104
Rajadura	////	4
Burbuja	### ### ### ###	20
Otros	### ### ////	14
Total	.	200

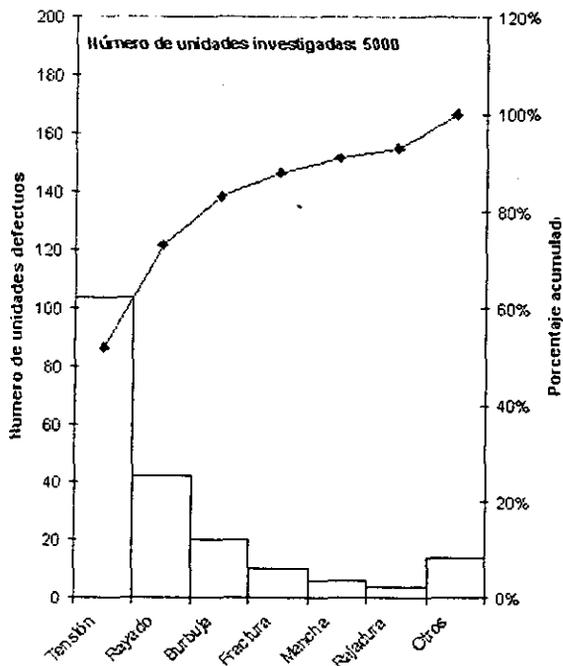
Diligencie la tabla de conteo, calcule los totales y realice una tabla que contenga los ítems, totales individuales, composición porcentual y los porcentajes acumulados. Ordenar los ítems por cantidad; el ítem otros deberá ubicarse en el último renglón sin importar su valor.

Tipo de defecto	Número de defectos	Total acumulado	Composición porcentual	Porcentaje acumulado
Tensión	104	104	52%	52%
Rayado	42	146	21%	73%
Burbuja	20	166	10%	83%
Fractura	10	176	5%	88%
Mancha	6	182	3%	91%
Rajadura	4	186	2%	93%
Otros	14	200	7%	100%
Total	200	—	100%	—

Se dibuja el diagrama colocando en el eje izquierdo con una escala desde cero hasta el total general, el eje derecho con una escala de 0% hasta 100% y el eje horizontal con los ítems clasificados con espacios iguales.

Escribir la información del diagrama y los datos como por ejemplo (Título, cifras significativas, unidades, nombre del dibujante, período de tiempo, tema y lugar de investigación, número total de datos).

Abril 1 - Junio 30



Para identificar los POCOS VITALES se tienen dos tipos de diagramas de Pareto:

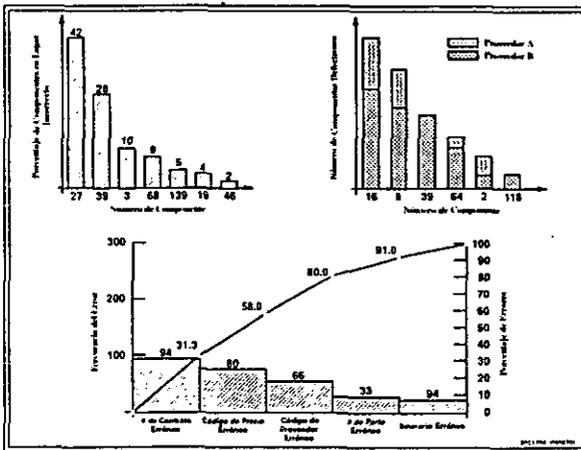
1. Diagramas de Pareto de fenómenos.
2. Diagramas de Pareto de causas.

Siempre se deben realizar ambos tipos de diagramas para solucionar problemas. En primer lugar se realiza el diagrama de Pareto de fenómenos para identificar cuál es el principal problema, y posteriormente se elabora un diagrama de Pareto de causas para identificar cuál es la principal causa que

provoca el principal problema. Ambas identificaciones se realizan en base a la frecuencia.

Para la realización de los diagramas de pareto se sugiere construir varios, ya que es recomendable tener una perspectiva de un problema observándolo desde varios ángulos. El ítem de "otros" no debe representar uno de los porcentajes mas altos; en caso contrario se deberá elegir un método diferente de clasificación.

En la gráfica de abajo se muestran diferentes tipos de diagramas de pareto los cuales se emplean de acuerdo al análisis a realizar.



Al finalizar este capítulo el lector tendrá conocimiento de que es el CEP y de sus herramientas y que utilidad tienen cada una de ellas, esto con el fin de que el lector pueda realizar un análisis estadístico de un proceso utilizando estos conceptos.

CAP. III CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO EN LA AUTOMATIZACIÓN

En el presente capítulo se pretende mostrar una descripción general sobre los sistemas de control existentes y la relación que pueden tener con el control estadístico de proceso. Otro aspecto importante es establecer los requerimientos de automatización para aplicar el control estadístico de proceso. Por último se darán las ventajas y desventajas que tiene el control estadístico de proceso.

3.1 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL EXISTENTES

Los sistemas de control han evolucionado a una velocidad impresionante, debido a que en la actualidad los controladores electrónicos están basados en procesadores digitales, y estos han avanzado mucho, desde los procesadores de 4 bits hasta los actuales pentium, con lo cual se tienen sistemas de control que pueden llevar a cabo grandes y complicados algoritmos de control, transferencia de grandes volúmenes de información a grandes velocidades con una gran variedad de protocolos.

Los controladores electrónicos también han permitido llevar a cabo el almacenamiento de grandes volúmenes de información con lo que es posible realizar acciones de análisis mediante el estudio de la información del comportamiento del proceso. Estos grandes volúmenes de información son utilizados por el Control Estadístico de Procesos para hacer su análisis estadístico del proceso.

En la actualidad se cuenta con diferentes sistemas para la ejecución de los algoritmos de control, entre estos se encuentran los PLC's (Controladores Lógicos Programables), SCD's (Sistemas de Control Distribuido), SCADA (Sistemas de Control y Adquisición de Datos) y control basado en PC's (Computadoras Personales).

SISTEMAS BASADOS EN PLC's

Un Controlador Lógico programable es un equipo de construcción modular, que tiene memoria programable por el usuario para realizar funciones de control lógico, secuencial, regulatorio, por lotes y avanzado. El PLC fue diseñado originalmente para realizar control lógico, eliminando grandes gabinetes de relevadores y temporizadores.

Con el progresivo avance tecnológico, los PLC's tienen características y capacidades inimaginables (y posiblemente, hasta cierto punto inutilizables). Los PLC's compiten fuertemente en el mercado de la automatización con los controladores especiales y los mismos Sistemas de Control Distribuido. Las ventajas de los PLC's, es que pueden aplicarse casi en cualquier campo de la industria, son económicos, modulares, escalables, son de arquitectura abierta y fáciles de programar.

A continuación se dan las principales características del hardware de los PLC's.

La estructura básica de un PLC consiste de un módulo de procesamiento central (CPU), un módulo de fuente de alimentación (PS), módulos de comunicación (COM), módulos de entradas y salidas (E/S) y módulos de función especial (SF).

El módulo de procesamiento central se encarga de ejecutar el programa residente en memoria para el control del proceso. Así como coordinar la información de y hacia los módulos periféricos.

La fuente de alimentación se encarga de suministrar la energía eléctrica a todos los módulos del PLC.

Los módulos de comunicación permiten interconectar diferentes dispositivos con el PLC. Estos módulos son diferentes para cada tipo de aplicación en las redes de comunicación a nivel campo, proceso y planta, soportando protocolos e interfaces apropiadas.

Los módulos de entradas y salidas se conectan directamente con los dispositivos de campo para interactuar con el proceso.

Los módulos de función especial tienen un procesador independiente del CPU y se encargan de ejecutar algoritmos de control desarrollados por el usuario. En otros casos vienen listos para correr la aplicación predeterminada por el fabricante.

Los tipos de entradas y salidas esenciales de todo PLC son las analógicas y las digitales. Dentro de estas categorías se encuentran los siguientes rangos y características comunes:

- Entradas analógicas.
0-10V

0-10V

1-5V

± 5V

± 10V

4 – 20mA

Termopares J, K, T, E, R, S, B, N, ±100mv y RTD.

- Salidas analógicas

0-5V

0-10V

± 5V

± 10V

4 – 20mA

- Entradas digitales.

5, 24 y 60 VCD.

120 y 220 VCA (Optoacopladas).

- Salidas digitales.

5, 24 y 60 VCD.

120 y 220 VCA (Por relevador, transistor o TRIAC).

A continuación se mencionan las características principales de los plc's.

Los PLC's son pequeños sistemas digitales basados en microprocesadores, estos sistemas básicamente son como microcomputadoras con la salvedad de que no cuentan con una unidad de vídeo, teclado, unidades de disco, o gran capacidad de memoria.

Por el contrario cuentan con múltiples tarjetas de E/S acondicionadoras de señal lo que le permite tener varios puertos de E/S, por lo tanto múltiples entradas de señales eléctricas, las cuales no necesariamente deben de cumplir con los valores de voltaje manejados por el microprocesador.

Los protocolos que llegan a soportar son: PROFIBUS, HART, FIELDBUS, MODBUS, MAP, TCP/IP y muchos más. Esta característica les permite tener una conectividad muy amplia.

El desarrollo de la tecnología en los PLC's, ha dado como resultado el aumento de la velocidad del procesamiento de datos. Los diferentes

segmentos de la tecnología de los equipos de control lógico programable moderno, incluyen procesadores poderosos con tiempos rápidos de muestreo y estructuras multitarea. La velocidad de ejecución de un ciclo llamado "scan", en el que el PLC realiza la secuencia de diagnóstico, acceso a los puertos de comunicación y ejecución del programa; en algunos PLC's ya es menor de los 100 micro segundos.

Los módulos de Entrada/Salida distribuidos son una respuesta simple a las arquitecturas repartidas en bus de campo. La descentralización de puntos de entrada/salida a través módulos distribuidos, es comparable con el rendimiento obtenido en una estructura centralizada y responde mejor a las necesidades de los usuarios, permitiendo:

- Limitar el volumen del cableado necesario para los elementos finales de control.
- Suprimir las restricciones mecánicas ligadas a los caminos de cables.
- Reducir el tiempo de estudio y prueba de conectores.
- Asegurar una mayor disponibilidad de la instalación.
- Ofrecer instalaciones evolutivas y que se adapten más a las necesidades por el número y naturaleza de los módulos de E/S.
- Permitir un funcionamiento más racional de los equipos de control.
- Tratándose de módulos de E/S inteligentes, se tiene control aún en caso de fallas de comunicación.

Un PLC moderno es capaz de soportar la cantidad suficiente de E/S para casi cualquier aplicación; esta versatilidad va desde los 10 puntos hasta los 20,000 puntos de E/S, usando bases de expansión y E/S remotas.

La programación o configuración de un PLC puede realizarse de diferentes formas, obedeciendo a estándares internacionales primordialmente. Uno de estos estándares es el IEC 1131-3, que define 5 formas de programación para un PLC:

1. Lista de Instrucciones (IL).
2. Diagrama en Escalera (LD).
3. Diagramas de Bloques de Función (FBD).
4. Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC).
5. Texto estructurado.

Mediante otros módulos de función especial se puede programar un PLC en Lenguaje BASIC, lenguaje C y algunos otros lenguajes estructurados.

En la figura 3.1 se muestra un PLC con módulos de salidas y entradas digitales, así como también cuenta con módulos de entradas y salidas analógicas. Además con una tarjeta de comunicación, una fuente de alimentación y una tarjeta de CPU.

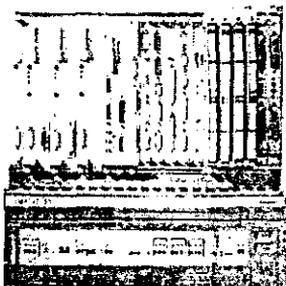


Figura 3.1.

SISTEMAS S.C.A.D.A.

Los sistemas S.C.A.D.A. (Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos), se definen como sistemas de administración multiusuario, puesto que proporcionan decisiones clave, con la habilidad de analizar la operación de un sistema para hacerlo más eficiente. La información proviene de hojas de datos, bases de datos relacionales en tiempo real, algoritmos de ingeniería, sistemas de información geográfica, sistemas expertos y paquetes de análisis estadístico, en forma local o remota.

Un S.C.A.D.A. está formado principalmente por los siguientes elementos:

1. Interfaz de operador.
2. Unidad Terminal Maestra (MTU).
3. Unidades terminales Remotas (RTU's).
4. Sistemas de comunicación.

Un esquema de un S.C.A.D.A. se puede observar en la figura 3.2.

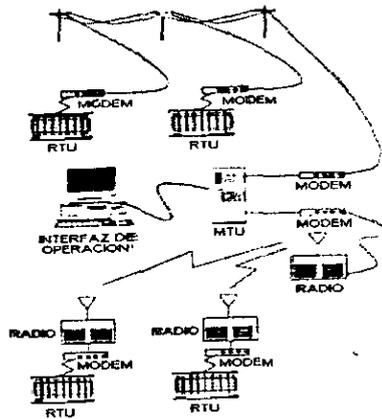


Figura 3.2.

La interfaz del operador se localiza en un cuarto central, donde se realiza el control y supervisión de todo el proceso. Esta compuesto por equipo de computo muy poderoso y software especializado para realizar dichas funciones. Esta se define más detalladamente en el capítulo 5.

El equipo de computo puede conformarse por PC's personales compatibles con IBM, estaciones de trabajo como DEC, IBM, HP, SUN MICROSYSTEMS, entre otras, así mismo puede trabajar en plataformas de computo como Windows NT, Digital, UNIX, AIX, HP-UX y Solaris.

Unidad Terminal Maestra (MTU). Es un controlador del sistema que tiene conexión con la estación del operador como con las unidades de terminales remotas. Normalmente se utiliza una computadora para dicho fin, cuya función es controlar y monitorear el campo de manera automática.

Unidades Terminales Remotas (RTU's). Los sistemas S.C.A.D.A. actuales están basados en PLC's, para el monitoreo y control del proceso, operado con Unidades Terminales Remotas. Estas unidades tienen la finalidad de monitorear y controlar lazos de control.

Sistemas de comunicación. Se tiene diversas formas de comunicación utilizada por un sistema S.C.A.D.A. para realizar la comunicación con otros equipos como son redes Ethernet, FDDI, ATM,

entre otras. La comunicación entre la MTU y las RTU's se realiza por medio de telemetría, es decir, por medio de radiocomunicación, satelital o telefonía, se puede utilizar así mismo la fibra óptica o señales eléctricas transmitidas por cable.

SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO S.C.D.

El Sistema de Control Distribuido (SCD) es una arquitectura de una red de unidades de control, donde cada unidad realiza el control en forma local sobre una parte del proceso. El Software y Hardware son desarrollados por una sólo compañía o fabricante, es decir, cada SCD es de uso exclusivo. La información que recolecta cada unidad de control puede ser enviada y controlada por una computadora que se sitúa en un nivel jerárquico superior.

La principal ventaja de un SCD es que su arquitectura es altamente redundante, lo que los hace muy seguros, a parte de ello se puede repartir el control del proceso con diferentes unidades de control, por lo que si falla un equipo sólo se afectara parte del proceso y no todo el conjunto.

La computadora personal también se ha incorporado al control distribuido. Permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el diagnóstico de cada lazo de transmisión, el acceso a los datos básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

Ahora bien la arquitectura de un sistema de control distribuido es agrupada en tres categorías: 1) aquellos que hacen la interfaz directamente con el proceso a ser controlado o monitoreado, 2) aquellos que ejecutan la comunicación humana de alto nivel por medio de una interfaz y las funciones de cómputo y 3) los que proporcionan los medios de comunicación con otros dispositivos. En la figura 3.3 se muestra la arquitectura de un sistema de control distribuido.

En forma general se describen a continuación los elementos que conforman la arquitectura del SCD.

Sensores, transductores y actuadores del proceso. Estos dispositivos son conocidos comúnmente como instrumentos, son los que están en contacto directo con las variables del proceso. Miden el fenómeno físico, transforman dicha medición a una señal eléctrica y la mandan a la unidad de control local. También encontramos en esta capa los elementos que actúan directamente sobre las variables del proceso, para que la acción

de control sea efectuada. Podemos encontrar dispositivos como: termopares, medidores de presión, transmisores de presión y temperatura, válvulas con actuador, entre otros dispositivos.

Unidad de control local. En este punto se encuentran localizados equipos electrónicos, compuestos por hardware y software especializado, según el fabricante, y que tienen la función de interpretar la señal proveniente de la capa anterior (sensores, actuadores y transmisores), digitalizarla y ejecutar el algoritmo de control necesario para corregir alguna desviación, en caso de que esta existiera, por medio de una señal al actuador. Otra función de esta unidad es mandar información de las variables que se están monitoreando a las estaciones de operación, por medio de la red de comunicación.

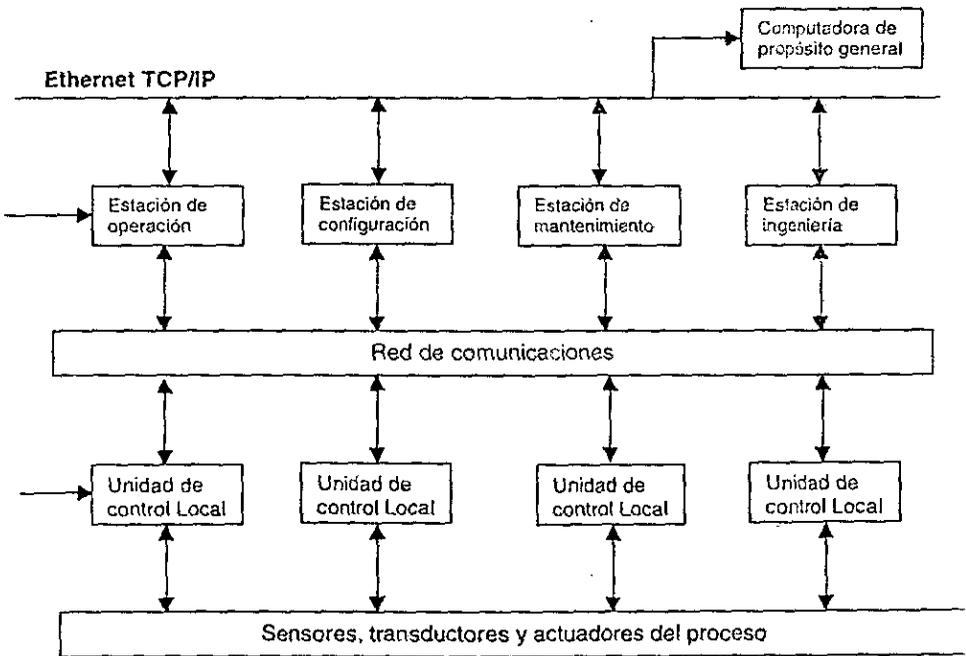


Figura. 3.3.

Estación de operación. En este nivel existen equipos de cómputo de gran capacidad tanto en hardware como en software, que tienen la finalidad de monitorear y controlar al proceso. Estas unidades toman la información proveniente de las unidades de control local y la presentan al usuario en forma amigable, con la que se tiene la capacidad de visualizar, en "tiempo real", las condiciones de las variables del proceso y realizar acciones de control, así como también se muestran alarmas y tendencias. Todo lo anterior se realiza por medio de un conjunto de software denominado Interfaz Humano-Máquina.

Se dan a continuación las características principales de los sistemas de control distribuido (SCD).

- Excelentes para el control regulatorio.
- Típicamente bueno para aplicaciones de control tipo Batch.
- Sistemas con hardware y software de tipo propietario.
- Sistema operativo robusto, multiusuario y multitarea. Soporta sistema UNIX y Windows NT.
- Buena capacidad de interconexión a redes. Bus y red de comunicación propietarios.
- Software de aplicación especial propietario.
- Buena capacidad para realizar las funciones de computadora central en un sistema híbrido (SCD y PLC's).

El servicio a mantenimiento a los SCD's es caro debido a que se necesita personal de grado universitario para realizar el mismo. Otro punto importante a considerar es que estos sistemas son de marca propietaria, es decir, al adquirir un sistema de este tipo será necesario que todos los movimientos, tanto al hardware y al software que se requieran efectuar, se tendrán que realizar bajo instrucción del fabricante utilizando sus productos para actualizar o modificar el sistema. Esto representa una desventaja ya que no tenemos la posibilidad de interconectar sistemas de diferentes marcas en nuestro proceso. Se puede observar que el costo inicial de estos sistemas son caros y tiene poca flexibilidad.

SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN PC'S

El software para el manejo de información en este tipo de sistemas cada vez es más completo, incluyendo las facilidades para el enlace de PLC's, registradores, transmisores, osciloscopios, multímetros y bastantes instrumentos basados en los buses IEEE-488, VXI y Serie.

A continuación algunas características de las computadoras digitales.

- Su funcionamiento esta basado en el sistema de numeración binario.
- Solución de problemas numéricos.
- Modificación de parámetros y variables.
- Alta velocidad de respuesta.
- Manejo de algoritmos de control por medio de software.
- Análisis y procesamiento de datos.
- Gran capacidad de almacenamiento de información.
- Presentación de datos en pantalla
- Modificación de programas a las necesidades del usuario y del proceso.
- Flexibilidad.

Con el avance tecnológico, en la electrónica, se ha permitido que las computadoras actuales sean cada vez más poderosas y con ello la versatilidad de las mismas se ha incrementado. Para el caso de simulación resultaría muy conveniente utilizar una PC por la gran capacidad que tiene esta de procesar la información, además de ello con el adelanto del software se tiene la facilidad de realizar trabajos multitareas que nos permiten al mismo tiempo simular y visualizar nuestro proceso.

Con la mejora de los transmisores inteligentes y los recientes avances en la estandarización de los protocolos de campo, se tiene una excelente opción para el auge de un sistema de control totalmente distribuido en el campo, con lazos de control en cada dispositivo individual, esto lo podemos ver en la figura 3.4.

Pueden encontrarse en el mercado tarjetas para puertos paralelos y PCMCIA, con lo cual se involucra directamente a las PC's Laptop y Notebook en la automatización, supervisión y diagnóstico de procesos.

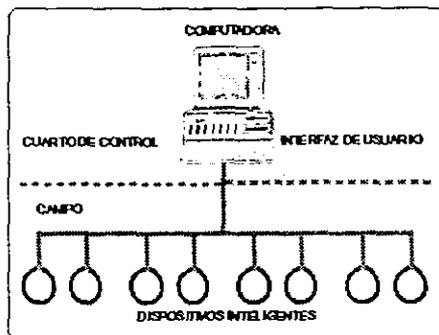


Figura 3.4.

En la figura anterior se muestra una arquitectura de un sistema de control basado en PC y dispositivos inteligentes.

Actualmente un sistema de control basado en PC's puede realizar las siguientes funciones:

- Monitoreo y control de procesos.
- Registro de datos.
- Sistemas SCADA.
- Control de calidad.
- Control estadístico de procesos.
- Automatización de laboratorios.
- Control de máquinas.
- Simulación.
- Química analítica.

3.2 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN PLC

Estos sistemas se pueden encargan en un determinado momento de controlar todo un proceso de mediana escala. Los PLC's se pueden emplear como unidades aisladas para lo cual se considera un control centralizado, se le pueden integrar unidades de E/S remotos ubicados en otra parte del proceso por lo que se puede considerar como un control distribuido, se pueden integrar varios controladores, ubicándolos en diferentes pasos del proceso por lo que también se puede considerar como

un control distribuido. Con estas arquitecturas, estos sistemas pueden llegar a competir con los actuales SCD's aunque todavía se encuentran en niveles no totalmente aceptables en cuanto a la aplicación de técnicas de control avanzado.

Una tendencia importante de los PLC's, es su conectividad a las redes más comerciales a nivel campo, proceso y planta.

En la actualidad también se cuenta en el mercado con micro y nano—PLC's con lo que se permite el control de procesos a un bajo costo, bajo consumo de energía y ocupando un reducido espacio. Los PLC's están evolucionando de tal manera que actualmente cuentan con módulos especiales para la realización de tareas específicas, así como también se están incorporando procesadores avanzados y arquitecturas multiprocesador.

Para automatizar un proceso es indispensable la adecuada selección de un equipo de control. Dos objetivos deseables son la reducción sustancial los costos de operación y mantenimiento, y la obtención de un alto índice de calidad en la producción. Los PLC's modernos brindan un control preciso y confiable, que permite cubrir los estándares actuales de producción.

Actualmente los controladores lógicos programables pueden comunicarse con otros controladores cuando lo necesiten, ya sea para compartir datos u objetivos. *Una red para comunicación de alta velocidad con PLC's que tienen el control de otras partes del proceso, es ahora una realidad.*

Muchos módulos existentes en el mercado para sistemas basados en PC, también se aplican en los PLC's con bus VME. A continuación se listan algunos de los módulos inteligentes y de funciones especiales para PLC's:

- Módulos auxiliares que se programan con lenguajes de alto nivel (**BASIC o C**), para realizar operaciones o cálculos matemáticos complejos.
- Módulo decodificador de código de barras.
- Módulo procesador de voz.
- Módulo de contaje y posicionamiento en 2 y 3 ejes.
- Módulo para el control de máquinas inyectoras de plásticos.
- Módulo PC (Computadora Personal).

Así mismo, emplean la telemetría para supervisar y/o controlar el proceso en forma remota. El consumo del equipo adicional de comunicación puede ser significativo.

SISTEMAS S.C.A.D.A.

Todos los sistemas SCADA pretenden brindar paquetes en línea que soporten hojas de datos, simulación para la administración del mantenimiento y análisis de tendencias para algoritmos de conversión. Una ventaja de los sistemas SCADA, que empieza a ser adoptada por muchos fabricantes de software, es el reporte por excepción y la búsqueda por excepción, cuando se entabla la comunicación entre el Host o servidor y las RTU's. Actualmente las RTU's son inteligentes, multifuncionales, y de bajo consumo de corriente, equivalentes a un PLC. Pueden operar en lugares remotos, alimentadas por celdas solares.

La tendencia de los sistemas SCADA es:

- La estandarización del hardware, software, redes, protocolos e interfaces de operación.
- La integración de PLC's y dispositivos de entrada/salida tipo "smart" o inteligente.
- Independencia de la plataforma en la que operan.
- Arquitectura abierta y funciones combinadas de sistemas SCADA y SCD.

Un sistema S.C.A.D.A. tiene su aplicación principal en procesos grandes, donde la distancia entre ellos es de cientos de kilómetros, como por ejemplo en las telecomunicaciones, generación de electricidad, transportación de gas y aceite, ductos y suministro de agua. Es recomendable utilizar el sistema S.C.A.D.A. en proceso relativamente fáciles de controlar y monitorear.

Las señales que típicamente se supervisan en las estaciones remotas son alarmas, indicación de estados operacionales, valores analógicos y totalización. Las señales que envía la estación central a las remotas son cambios en señales discretas o analógicas, que a su vez son comandos para ordenar el cierre de una válvula, el paro o arranque de un motor, etc.

SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

En la década de los setenta, dentro de los esfuerzos de investigación dedicados a la solución del problema del control de procesos con gran número de lazos y teniendo en cuenta el estado de la técnica de los microprocesadores y la característica conservadora de la industria, surge el interés por integrar los sistemas, para dar mayor seguridad al equipo, capacidad de adquisición de datos en tiempo real, salida de señales de control a válvulas, etc.

Tenemos entonces que se implantan los primeros sistemas de control distribuido para el año de 1975 por la compañía Honeywell. En esencia, la diferencia entre el control distribuido y el control clásico puede compararse a la existencia entre el primer ordenador, el ENIAC, que se configuraba cambiando cables, y el actual ordenador personal donde los cables existen electrónicamente configurados por el programa, es decir, software, que se ejecuta.

Los sistemas de Control Distribuido proponen una arquitectura que permite integrar el control de procesos industriales con el sector administrativo de una empresa. Esto facilita la aplicación de técnicas de gestión avanzada, que implica la adquisición de datos del proceso en tiempo real, la integración con los datos propios de la administración y la posterior toma de decisiones.

La aplicación de los estándares industriales en el diseño de los sistemas de control distribuido, facilita la creación de poderosas herramientas de gestión, la incorporación de sistemas actuales y la expansión futura del mismo.

La actual generación de este tipo de sistemas, presenta avances significativos en cuanto a los siguientes puntos:

- Utilización de control avanzado.
- Software de análisis estadístico.
- Protocolos de comunicación.
- Mayor capacidad en el almacenamiento de información.
- Autodiagnóstico.
- Implantación de estrategias de optimización y de producción avanzadas.
- Consolas de operación con tecnología de punta.

Los sistemas de control distribuido se considerarán como tales comercialmente hablando a los que vienen completamente integrados por el fabricante, esto es, traen incluidas las terminales de monitoreo y configuración, controladores de proceso en varios niveles.

SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN PC

La primera computadora utilizada para control, fijaba las referencias de un piloto automático y se puso en marcha en 1954. En 1958 se instaló la primera computadora como supervisor de fábrica. Durante la década de 1960 la aplicación de las computadoras digitales se ha extendido desde los sistemas de computación comercial y científicos hasta instalaciones de control de plantas y procesos.

En las industrias químicas y del petróleo, el control por computadora se ha aplicado a la manufactura del etileno y plantas de amoniaco. La regulación y el control del oxígeno de altos hornos es un ejemplo de la industria siderúrgica. En otras industrias, ejemplos de aplicaciones del control por computadora de diferentes grados de elaboración, incluyen el control de hornos para cemento, máquinas para la fabricación de papel, hornos de vidrio, líneas de ensamble, trabajo de linotipo en periódicos, clasificadores de carros de carga y regulación de ferrocarriles, control ambiental y acabado de textiles.

No todas las primeras aplicaciones de las computadoras digitales al control sé considerarán como un éxito. Problemas tales como la ingeniería preliminar inadecuada, dificultades de programación, falta de operadores, instrumentación inadecuada y retrasos en la entrega de equipo causaron considerables dificultades. En algunos casos, se han rechazado computadoras o los proyectos han degenerado a un estado de simple regulación y recolección de datos.

Actualmente las PC's comienzan a tener una mayor aplicación en el control de procesos, a nivel industrial. Anteriormente se encontraba restringida su aplicación en laboratorios o en pequeños procesos. Las tarjetas de adquisición de datos insertables en las ranuras de una PC o bases especiales (buses ISA, PCI, VME, VXI, SCXI), son una solución flexible para una variedad de aplicaciones de dimensionamiento variable, para la adquisición de datos, monitoreo y control de procesos.

La computadora digital suministra un dispositivo programable, que toma decisiones, para las aplicaciones de control. El equipo puede ir desde máquinas de un propósito general, que operan en time-sharing (comparten el tiempo de computadora) con una multitud de tareas, hasta equipo con un propósito especial, diseñado para llevar a cabo una tarea particular.

En las aplicaciones de la computadora digital para el control, la computadora puede programarse para hacer funciones básicas tales como:

1. Recolección de los datos de la planta.
2. Identificación de la dinámica de la planta.
3. Selección de los parámetros de control.
4. Implementación de los algoritmos de control.
5. Implementar los procedimientos de optimización a fin de establecer el control óptimo.
6. Manipulación de las variables que sirven de señal a la planta.

La extensión hasta la cual se utilizan cualquiera de estas funciones en una aplicación dada, depende de la complejidad del sistema, los objetivos operantes y las capacidades de ingeniería.

3.3 CEP Y LOS SISTEMAS DE CONTROL

El CEP es una colección de herramientas que permite llevar a cabo acciones de control mediante el ajuste en línea de los set-points de las variables que intervienen en el proceso, esto se realiza mediante el empleo de una interfaz de operación, para llevar a cabo este trabajo se va utilizar la interfaz de operación Hombre-Máquina con la cual se ejecutan los algoritmos correspondientes a dicho control.

El análisis involucra el determinar cuales son las variables que afectan en mayor medida el resultado de un proceso, así como la localización de fallas y puntos donde se pueda llevar a cabo una optimización. Dado que la mayoría de los procesos tienen una constante de tiempo considerablemente grande es preferible, llevar a cabo un registro sobre las variaciones de los parámetros del proceso y posteriormente emplearlos para realizar el análisis mencionado, que contar con los servicios de un ingeniero especializado durante todo el tiempo que se emplee para registrar los cambios en dicho proceso.

El control estadístico de procesos nos permite interpretar la calidad con una base mas concreta, esto es, representar la calidad en términos de datos numéricos. El CEP es también una filosofía de trabajo que se basa principalmente en identificar a través de la aplicación de técnicas estadísticas, las causas que originan productos, procesos o servicios defectuosos o no aptos para cumplir determinados requisitos o especificaciones.

El CEP es usado para llevar a cabo el monitoreo del proceso en tiempo real mostrando un registro histórico de las variaciones que se van presentando en un breve período de tiempo el comportamiento de una variable crítica, por medio de esta podemos definir alarmas de posibles tendencias que pueden provocar que nuestro proceso se salga fuera de control o que el valor de nuestra variable se salga fuera de los límites de especificación.

Este conjunto de herramientas del CEP se emplean junto con los sistemas de control con la finalidad de reducir en lo más posible las variaciones que presentan las variables principales en un proceso. Así como también estas herramientas se emplean para llevar a cabo operaciones de optimización evitando en lo más posible el desperdicio, contar con planes lo más eficientes posible para llevar a cabo acciones.

Como podremos recordar los sistemas de control pueden transferir grandes volúmenes de información, esta cantidad grande de información puede ser utilizada para tener una descripción del proceso, y así poder controlar los principales parámetros de calidad de un proceso. La información que nos dan los sistemas de control se utiliza para llevar a cabo el análisis estadístico del CEP. Los controladores electrónicos también han permitido llevar a cabo el almacenamiento de grandes volúmenes de información con lo que es posible realizar acciones de análisis mediante el estudio de la información del comportamiento del proceso.

La información que recolecta cada unidad de control puede ser enviada y controlada por una computadora que se sitúa en un nivel jerárquico superior lo anterior se da en un SCD. Actualmente en el control de PC que es lo más moderno en sistemas de control una de sus principales aplicaciones es el Control Estadístico de Proceso, se puede decir que en cada uno de los sistemas de control interviene el CEP aunque en la actualidad apenas se comienza a desarrollar, de este depende de que se mejore la producción de un proceso o no.

Como podemos recordar que nuestro objetivo principal de este trabajo es controlar estadísticamente los principales parámetros que intervienen en el proceso de recuperación secundaria de crudo basándose en agua, por eso se planteo el estudio anterior para poder saber la dualidad que existe entre el CEP y los Sistemas de Control, y así poder entender el objetivo de este trabajo, por parte del lector.

3.4 REQUERIMIENTOS DE AUTOMATIZACIÓN PARA APLICAR EL CEP

Para poder llevar a cabo la aplicación del CEP en la automatización de un proceso con éxito, se deben tomar en cuenta dos factores, el primero de ellos es el involucramiento a fondo en el proceso y el segundo, un compromiso firme en el mejoramiento y perfeccionamiento a fondo en el proceso en las demás partes constituidas de la empresa.

De igual forma, la asignación de un equipo es sumamente vital, ya que es problemático para una sola persona el intentar introducir mejoras al proceso debido a diversos factores que ya se mencionaron en el capítulo 2 de este trabajo.

En lo que respecta al equipo es necesario tener una computadora, y que esta computadora cuente con el software que sirva para poder implementar el CEP, así como un equipo de control que nos de un monitoreo de datos en tiempo real, a través de una interfaz de operación en este caso la interfaz de operación va a hacer la Hombre-Máquina, todo esta metodología se necesita para llevar a cabo la implantación de esta herramienta de análisis estadístico en un proceso.

En la actualidad los sistemas de control modernos ya traen en su software de aplicación, una utilería para aplicar el CEP, en los países desarrollados el CEP ya se tiene una implantación en cualquier proceso que se desarrolla. Sin embargo, en México como apenas se comienzan automatizar las empresas, el CEP apenas se quiere implantar para poder lograr la calidad de cualquier proceso que se lleve a cabo.

A veces se tiene una mala información del CEP debido a que en el aspecto económico se va hacer un gasto innecesario y que no va tener ningún beneficio redituable a la empresa, como sabemos una buena aplicación del CEP va tener beneficios muy buenos en cualquier proceso. Porque se va obtener una mejor producción en el proceso.

Uno de los propósitos de este trabajo es poder conocer las características de algunos softwares del CEP para poder ver las ventajas y desventajas que nos brinda cada uno de los softwares que existen en el mercado y así poder saber cual es conveniente utilizar para poder aplicar el CEP a un determinado proceso.

3.5 CEP: VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El control de procesos estadísticos tiene numerosas ventajas entre las que destacan las siguientes:

1. Permite establecer los límites de control de un proceso a través de gráficas de control.
2. A través de hojas de registro se muestra de manera clara y certera todas aquellas observaciones de un proceso.
3. El CEP permite de manera exacta visualizar el comportamiento del proceso (permite conocer la cantidad de variación en el proceso).
4. Se pueden detectar todas las posibles causas que generan desperdicios.
5. Se puede tener una Retroalimentación inmediata al proceso.
6. Optimización de los esfuerzos hacia las causas más importantes de los problemas de producción, logrando con ello:

Reducción de desperdicios.
Disminución de artículos de segunda.
Disminución del reproceso.
Incremento de artículos de primera.
Detecta defectos del producto.

Hay otras ventajas que no se mencionaron por considerarse no tan primordiales para la aplicación del CEP en un proceso. A continuación se mencionan las principales desventajas del CEP.

1. Los límites internos o de precaución de una gráfica de control tienen una desventaja, radica en que si no tienen interpretación adecuada por parte del personal operativo, éste puede confundirse. Y tener un problema con el proceso de pérdida de control.
2. La desventaja más importante que tiene el CEP es cuando no se tiene el proceso automatizado, aplicarlo es muy caro y tedioso. Por lo tanto, no se tiene la optimización del proceso.

Al concluir este capítulo el lector va a tener las bases para poder aplicar el CEP a un proceso en forma más óptima y poder así obtener los resultados esperados.

CAP. IV SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO DEL COMPLEJO DE INYECCIÓN DE AGUA

Cuando se instaló el Sistema de Control Distribuido, se cumplió con las expectativas de operación planteadas en ese momento. Debido a los avances tecnológicos, el sistema actual presenta problemas de refaccionamiento, redundancia, dificultad de configuración, saturación de memoria y pérdida de información. Estos factores, aunados a las consecuencias que lo originan, hacen necesario que el sistema tenga que modernizarse o sustituirse. Actualmente se encuentra en etapa de análisis de actualización y/o modernización.

A continuación se van a mencionar las características de software, hardware y comunicación con que cuenta el Sistema de Control Distribuido (SCD) que se requiere implementar, y que actualmente se encuentra en licitación.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE

HARDWARE GENERAL DEL SISTEMA

Los requerimientos técnicos mínimos para: suministro, pruebas, instalación, configuración y puesta en operación que se debe considerar a solicitud de PEMEX para la sustitución del SCD en las plataformas: Plataforma de Tratamiento y bombeo (PTB), Plataforma de control y servicios (PCS) y habitacional, del complejo Abkatun-N1 (Inyección de agua), con sus Unidades de Procesamiento Remoto (UPR) en las plataformas periféricas Abkatun-Q, Abkatun-R, Abkatun-S y Abkatun-P. Las partes del sistema que debe proporcionar son:

- a) Cuatro estaciones de operación/configuración.
- b) Una estación de ingeniería dedicada al mantenimiento del sistema y administración de la red.
- c) Tres estaciones de supervisión de superintendencia y coordinación.
- d) Dos impresoras en la plataforma PCS, una para reportes y otra para alarmas y eventos.
- e) Una impresora para alarmas y eventos en la plataforma PTB.
- f) Una computadora portátil de configuración.
- g) Gabinetes (consolas de operación) para los cuartos de control PCS y PTB.
- h) Controladores de proceso distribuidos en las UPR's.

- i) Cuatro UPR's para la plataforma PCS y ocho UPR's para la plataforma PTB (para referencia ver la figura 4.2).
- j) Una UPR para cada una de las plataformas periféricas Abkatun-Q, Abkatun-R, Abkatun-S y Abkatun-P, para el monitoreo y control.
- k) Sustitución de la planta existente en tarjetas de entrada/salida.
- l) Proporcionar y configurar el software y hardware para la integración de todos los subsistemas proyectados actualmente (como referencia contemplar la existencia en la HMI actual de 76 pantallas de gráficos de proceso).
- m) Un switch Ethernet con 16 puertos Rj-45 par trenzado, un puerto ATM puro y ocho puertos para fibra óptica para PCS.
- n) Un switch Ethernet con 8 puertos Rj-45 par trenzado y dos puertos para fibra óptica para PTB.
- o) Un switch Ethernet con 8 puertos Rj-45 par trenzado y dos puertos para fibra óptica para la habitacional.
- p) Proporcionar y configurar el hardware y software para el monitoreo y control de los procesos adicionales requeridos (en la HMI serán aproximadamente 20 ventanas gráficas).
- q) Configuración de pantallas de gráficos en la HMI para la integración futura de los sistemas de seguridad industrial y SCADA.
- r) Módulos de entrada/salida, para el monitoreo y control de procesos.
- s) Desarrollo de ingeniería de detalle para el monitoreo y control de los procesos adicionales requeridos.
- t) Comunicación al equipo de control de cada una de las plataformas periféricas de inyección de agua (Abkatun-R, Q, S y P), utilizando infraestructura actual de radiocomunicación, y con capacidad para comunicación futura con sistema de radiocomunicación que contara con puertos v.35 (se debe proporcionar los elementos necesarios para la habilitación futura de este sistema).
- u) Desmantelamiento de todos los equipos pertenecientes al sistema de control distribuido y sistemas de apoyo actuales.
- v) Rehabilitación de la tubería y cableado de alimentación desde las nuevas UPS's (que se instalarán en el mismo lugar de las actuales) a cada uno de los equipos de computo y periféricos de los cuartos de control PCS y PTB.

ARQUITECTURA

ABKATUN-N1

- a) El SCD a implantar se instalará en el complejo Abkatun-N1 y sus plataformas periféricas Abk-R, Q, S y P.

- b) En la plataforma de control y servicios PCS se ubica un cuarto de control del SCD, donde se tendrá monitoreo y control de los procesos que se llevan a cabo en las plataformas PCS y PTB, además de las plataformas periféricas.
- c) En la plataforma de tratamiento y bombeo PTB se ubica otro cuarto de control del SCD, donde se tendrá monitoreo y control de los procesos que se llevan a cabo en las plataformas PCS y PTB, además de las plataformas periféricas.
- d) Su topología a nivel planta podrá ser bus o anillo redundante. Debe considerarse la integración a futuro de los sistemas de paro de emergencia, de seguridad industrial y SCADA.

ABKATUN-R, ABKATUN-Q, ABKATUN-S Y ABKATUN-P

- a) En cada plataforma se instalará una UPR como parte del SCD, esta UPR realizará el monitoreo y control de proceso de la misma plataforma, estableciendo la comunicación con los equipos de monitoreo y control de los cuartos de control ubicados en PCS y PTB. La parte de radio comunicación existente permitirá obtener un enlace con cada una de las plataformas desde Abkatun-N1, asegurando la transferencia de datos.
- b) Se debe considerar la configuración, instalación y puesta en operación de las interfaces de comunicación entre el sistema de control, sistema de radio y el bus de comunicación a nivel planta.

La petición del nuevo sistema que se quiere implementar, debe considerar dentro de su propuesta el suministro, instalación y puesta en operación de un sistema de arquitectura abierta, el cual debe contar con los elementos necesarios para el crecimiento y actualización modular de todo el hardware con tecnología de punta.

Todo el hardware propuesto tendrá la capacidad para realizar sustitución en línea de los módulos que lo integran, sin perturbar la operación de los demás módulos, la funcionalidad del equipo o la comunicación entre los sistemas integrados. Dicho hardware debe cumplir con los requisitos específicos de disponibilidad y confiabilidad.

Disponibilidad del sistema.- Se debe garantizar una disponibilidad del 99.98% del sistema instalado, para tal efecto se debe proporcionar la memoria de cálculo por parte del fabricante, en donde se avale dicha disponibilidad. Además se debe entregar junto con su propuesta la información estadística relativa al tiempo medio entre fallas (mtbf) y tiempo medio para reparación (mtrr).

Confiabilidad del sistema.- El sistema debe contar con una confiabilidad de al menos 99.98%, por lo que se entregará junto con la propuesta, la memoria de cálculo en donde se avale la confiabilidad del sistema.

RED DE PROCESO

El bus de proceso (fibra óptica) debe operar en forma redundante y proveer la comunicación entre los equipos de cómputo de cada uno de los cuartos de control y las unidades de procesamiento remoto (UPR's) del complejo de Abkatun-N1 y de sus plataformas periféricas.

RED DE CÓMPUTO

Los equipos de cómputo estarán intercomunicados a través de una red redundante de Area Local (LAN) Ethernet mediante protocolo Tcp/Ip. Los equipos de cómputo que serán instalados en el cuarto de control de PCS serán las 2 estaciones de operación y la estación de ingeniería/mantenimiento, los cuales tendrán comunicación a su vez con los equipos de cómputo del cuarto de control de PTB (2 estaciones de operación), con las impresoras tanto de reportes como de eventos y alarmas (en PCS y PTB) y los equipos de supervisión del superintendente y coordinadores que serán instalados en la plataforma habitacional del complejo de inyección de agua. El medio por el cual se proveerá la comunicación entre estos equipos que conformaran la red de cómputo será el switch Ethernet.

ESTACIONES DE OPERACIÓN/CONFIGURACIÓN

Este tipo de estaciones se encargan de la Configuración de todo el hardware/software del sistema (red, equipo de cómputo, procesadores de control, sistema de comunicación, interfaz de operación, unidades de procesamiento remoto y UPS's).

Cada estación trabajara independientemente una de la otra, sin embargo todas deben soportarse entre sí. En principio las consolas de supervisión, control y/o de entrenamiento serán soporte de cualesquiera de las tres consolas de operación y en caso necesario cualesquiera de ellas debe tomar el control del proceso de inyección de agua.

ESTACIONES DEL SUPERINTENDENTE Y COORDINADORES

Estarán ubicadas en la superintendencia del complejo y en la coordinación de operación y mantenimiento. Trabaja independientemente de las estaciones de operación/configuración y mantenimiento. La estación del superintendente no tomará el control de ninguno de los procesos de inyección de agua.

A través de estas se recibirá en forma simultánea toda la información del sistema de control distribuido, los subsistemas de apoyo, sistemas de seguridad y SCADA. Su objetivo de estas estaciones es llevar la administración del sistema.

ESTACIÓN DE INGENIERÍA/MANTENIMIENTO

Esta estación será soporte de cualquiera de las estaciones de operación, se encarga de la realización del mantenimiento y corrección de fallas, así como se llevan de una forma estadísticas las fallas. Su objetivo principal es dar diagnósticos del sistema.

UNIDAD DE PROGRAMACIÓN PORTÁTIL

Esta unidad será empleada para realizar las funciones de diagnóstico, monitoreo y configuración de señales de la UPR en forma local así como a los procesadores de control, tanto en línea como fuera de línea.

ALMACENAMIENTO E IMPRESIÓN DE INFORMACIÓN

El almacenamiento de la información generada por el sistema (datos históricos, curvas, tendencias, gráficos, alarmas, eventos, etc.). Debe ser realizado en las unidades de disco óptico automáticamente y/o a solicitud del operador. El periodo de tiempo de almacenamiento podrá ser configurable desde 1 segundo hasta un máximo de 30 días.

La información generada por el sistema (datos históricos, curvas, tendencias, gráficos, alarmas, eventos, etc.) podrá ser impresa en cualquiera de las impresoras de eventos y/o reportes en forma automática y/o a solicitud del operador. Cuando llegue a fallar la impresora de reportes, la impresora de alarmas y eventos tendrá la opción de imprimir la información de la primera, y viceversa.

CONTROLADORES DE PROCESO

Los controladores de proceso a instalarse en PCS se encargarán de controlar y/o monitorear los diferentes procesos que se llevan a cabo en esta plataforma, además de monitorear y/o controlar los procesos adicionales requeridos que se llevan a cabo en esta plataforma.

Las funciones mínimas que desempeñen estos controladores serán las siguientes:

- Monitoreo y control de las señales de instrumentación que se encuentran en cada plataforma.
- Realizar acciones de control.
- Control lógico secuencial de procesos.
- Ejecución continua de lazos de control.
- Comunicación hacia los equipos de cómputo ubicados en los cuartos de control (PCS, PTB) y habitacional a través de un bus o anillo de fibra óptica redundante.
- Comunicación con transmisores inteligentes y ejecución de todos los comandos disponibles.
- Comunicación con una terminal portátil de configuración y diagnóstico.
- Ajuste local y remoto de set points (puntos de referencias).
- Autodiagnóstico en línea.
- Autodiagnóstico en cada uno de sus componentes reportando estados de falla y error en forma local y hacia las consolas de operación e ingeniería en las plataformas PCS y PTB.
- Manejo de protocolo Hart para transmisores inteligentes.
- La sustitución de cualquier procesador debe darse de alta en forma automática, es decir no debe requerir configuración para darlo de alta o de baja en el sistema.

UNIDADES DE PROCESAMIENTO REMOTO DE P.C.S., P.T.B. Y PLATAFORMAS PERIFÉRICAS ABKATUN-R, Q, S Y P.

- a) Las unidades de procesamiento remoto a instalarse en PCS y PTB se encargarán de interactuar con la instrumentación de campo, para controlar y monitorear las condiciones de proceso.
- b) Las funciones mínimas que desempeñen las unidades de procesamiento remoto serán las siguientes:
- Monitoreo de las señales de instrumentación que se encuentran en PCS y PTB.
 - Realizar acciones de control.
 - Comunicación hacia los cuartos de control de Abkatun-N1.
 - Comunicación con los transmisores inteligentes.
 - Comunicación con la terminal portátil de configuración y diagnóstico.
 - Ajuste local y remoto de set points.
 - Autodiagnóstico en línea.
 - Autodiagnóstico en cada uno de sus componentes reportando estados de falla y error en forma local y hacia las consolas de operación/ingeniería en las plataformas PCS y PTB.
 - Control lógico secuencial.
 - Manejo de protocolo Hart para transmisores inteligentes.
 - Manejo del protocolo Modbus RTU Estándar de Modicom última versión para la comunicación con equipos de otros fabricantes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL HARDWARE DEL SISTEMA

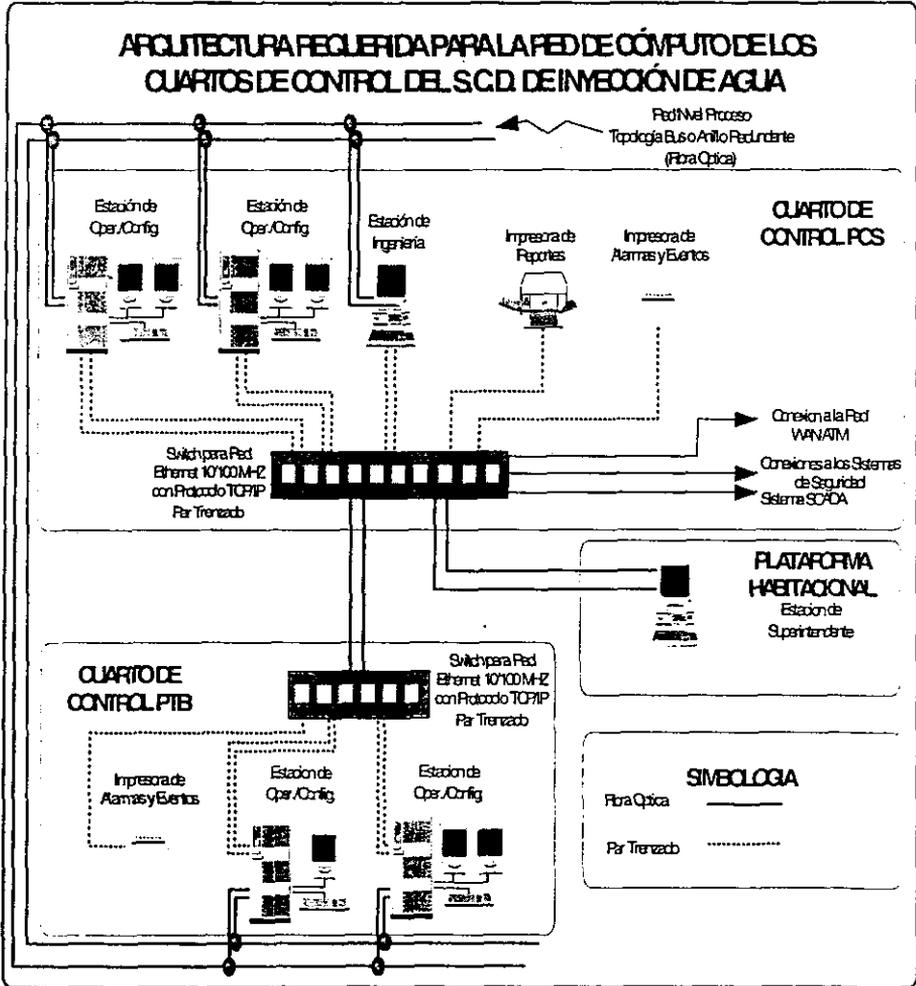


Figura 4.1.

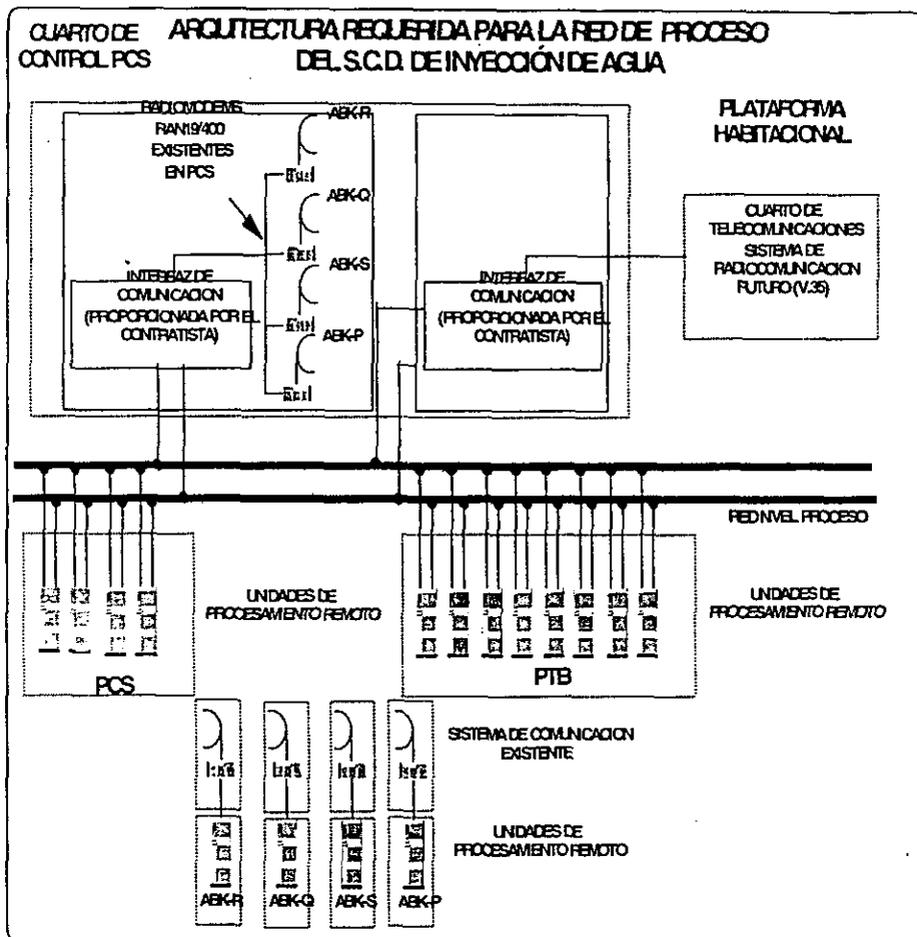


Figura 4.2.

La instalación, configuración y puesta en operación de cuatro estaciones de operación / configuración, las cuales deben cumplir como mínimo los siguientes requisitos:

- a) Tipo workstation (Estación de Trabajo).
- b) Tecnología RISC a 64 bits.
- c) Memoria RAM de 128Mb.
- d) Velocidad mínima del procesador de 200 Mhz.
- e) Dos puertos para comunicación serial.
- f) Un puerto paralelo.
- g) Dos puertos Ethernet (IEEE 802.3), conector Rj-45
- h) Una unidad para manejo de disco flexible de 3 1/2", de alta densidad; la cual será deshabilitada físicamente una vez que se haya realizado la configuración de los equipos.
- i) Unidad de disco duro de 4 Gb, para almacenamiento del software y datos necesarios, de acuerdo a las funciones especificadas.
- j) Una unidad de CD ROM con velocidad 12x , donde se hará la descarga del software a emplear por el sistema.
- k) Teclado de ingeniería tipo alfanumérico, para configuración del sistema.
- l) Dos monitores a color mínimo de 20", con resolución de 1280x1024 pixeles (una estación de operación/configuración - en PTB - solo tendrá un monitor, ver figura 4.1).
- m) 2 track ball (Mouse de tipo industrial).
- n) Unidad de disco optomagnético de 3 1/2" a 230 Mb para el manejo de discos ópticos regrabables.
- o) Driver y puerto para manejo de Mouse comercial.
- p) Modulo de interfaz de comunicación para la conexión/comunicación con el bus de proceso por medio de fibra óptica (redundante).

La instalación, configuración y puesta en operación de una estación de ingeniería dedicada al mantenimiento la cual debe cumplir como mínimo los siguientes requisitos:

- a) Tipo workstation (Estación de trabajo).
- b) Tecnología RISC a 64 bits.
- c) Memoria RAM de 64Mb.
- d) Velocidad mínima del procesador de 200 Mhz.
- e) Dos puertos para comunicación serial.
- f) Un puerto paralelo.
- g) Dos puertos Ethernet , conector Rj-45
- h) Una unidad para manejo de disco flexible de 3 1/2", de alta densidad; la cual será deshabilitada físicamente una vez que se haya realizado la configuración de los equipos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- i) Unidad de disco duro de 4 Gb, para almacenamiento del software y datos necesarios, de acuerdo a las funciones especificadas.
- j) Una unidad de CD ROM con velocidad 12x variable, donde se hará la descarga del software a emplear por el sistema.
- k) Teclado de ingeniería tipo alfanumérico, para configuración del sistema.
- l) Un monitor a color mínimo de 20", con resolución de 1280x1024 pixeles.
- m) Un track ball (Mouse de tipo industrial)
- q) Modulo de interfaz de comunicación para la conexión/comunicación con el bus de proceso por medio de fibra óptica (redundante).

La instalación, configuración y puesta en operación de una estación de supervisión para el superintendente y dos estaciones para los coordinadores las cuales deben cumplir como mínimo los siguientes requisitos:

- a) Procesador de 32 bits.
- b) Memoria RAM de 64Mb.
- c) Velocidad mínima del procesador de 200 Mhz.
- d) Dos puertos para comunicación serial.
- e) Un puerto paralelo.
- f) Dos puertos Ethernet , conector Rj-45
- g) Una unidad para manejo de disco flexible de 3 1/2", de alta densidad; la cual será deshabilitada físicamente una vez que se haya realizado la configuración de los equipos.
- h) Unidad de disco duro de 2 Gb, para almacenamiento del software y datos necesarios, de acuerdo a las funciones especificadas.
- i) Una unidad de CD ROM con velocidad 12x variable, donde se hará la descarga del software a emplear por el sistema.
- j) Teclado de ingeniería tipo alfanumérico, para el manejo de la información.
- k) Un monitor a color de 17", con resolución de 1280x1024 pixeles.
- l) Un mouse.
- m) Modulo de interfaz de comunicación para la conexión/comunicación con el switch Ethernet del cuarto de control de PCS por medio de fibra óptica (redundante).

La instalación, configuración y puesta en operación de una unidad de programación portátil. La cual debe de cumplir como mínimo los siguientes requisitos:

- a) Microprocesador tipo Pentium velocidad 233 Mhz
- b) Tipo Lap Top.
- c) 32 Mb de RAM.
- d) Disco duro de 2.1 Gb.
- e) Pantalla VGA color (800 x 600) matriz activa.

- f) Unidad de disco flexible de 3 1/2" de 1.44 Mb.
- g) Unidad de CD ROM con velocidad 12x.
- h) Puertos de comunicación serie y paralelo.
- i) Batería de 3 hrs.
- j) Dos juegos adicionales de baterías.
- k) Eliminador de baterías de larga duración.
- l) Cables y estuche para transporte.
- m) Track ball (Mouse de tipo industrial).

SWITCH ETHERNET

Se debe considerar la instalación y puesta en operación de un switch Ethernet de 16 puertos Rj-45 (10mhz/100mhz) para par trenzado y ocho puertos para fibra óptica en la plataforma PCS. En éste se conectarán dos estaciones de operación/configuración, la estación de ingeniería/mantenimiento del SCD, sistema SCADA, impresoras de reportes e impresoras de alarmas y eventos, así como la unidad de fuerza ininterrumpible. Este switch debe tener una capacidad mínima de crecimiento de hasta 24 puertos Rj-45 para par trenzado (ver figura 4.1).

Se debe considerar la instalación y puesta en operación de un switch de 8 puertos Rj-45 (10mhz/100mhz) par trenzado y dos puertos para fibra óptica en la plataforma PTB. En este se conectarán dos estaciones de operación/configuración, una impresora de alarmas y eventos y la unidad de fuerza ininterrumpible. Este switch debe tener una capacidad mínima de crecimiento de hasta 16 puertos (ver figura 4.1).

Se debe considerar la instalación y puesta en operación de un switch de 8 puertos Rj-45 (10mhz/100mhz) par trenzado y dos puertos para fibra óptica en la plataforma habitacional. En este se conectarán la estación de supervisión del superintendente y las dos estaciones de los coordinadores. Este switch debe tener una capacidad mínima de crecimiento de hasta 16 puertos (ver figura 4.1).

IMPRESORAS

Se debe considerar la instalación y puesta en operación de tres impresoras; una para reportes y dos para alarmas y eventos, las estaciones de operación podrán enviar datos a imprimir a la impresora deseada o configurada. Las impresoras estarán conectadas como nodos al switch de la red Ethernet empleando el protocolo de comunicación Tcp/lp (ver. fig. 4.1).

Las características mínimas para la impresora de alarmas y eventos son:

- a) Impresor alfa numérico, tipo matriz de puntos.

- b) Velocidad de impresión de 410 Cps, mínimo.
- c) Caracteres mínimo por línea.
- d) Buffer de 1 Mb.
- e) Mecanismo de alimentación de papel de hoja continua, con alimentación automática de carga de papel.
- f) Manejo de anchos de papel de 14 Cm a 42 Cm.
- g) Puerto de comunicación para red Ethernet, con conector Rj-45.

Las características mínimas para las impresoras de reportes son:

- a) Impresor de inyección de tinta a color.
- b) Buffer mínimo de 4 Mbytes.
- c) Resolución de 600x300 DPI en negro y 300x300 DPI en color.
- d) Colores de impresión negro, rojo, azul y amarillo, con capacidad de combinar mínimo 15 millones de colores.
- e) Velocidad de impresión en negro de 7 Ppm.
- f) Velocidad de impresión a color de 2 Ppm.
- g) Alimentación automática de papel.
- h) Manejo de papel tamaño carta (21.6 x 27.9 Cm).
- i) Puerto de comunicación para red Ethernet, con conector Rj-45.

Todas las tarjetas electrónicas de los controladores de proceso y de las unidades de procesamiento remoto (PCS, PTB y periféricas) deben contar con un recubrimiento para protección contra ambiente marino con la respectiva certificación por escrito por parte del fabricante (tarjetas tropicalizadas).

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SOFTWARE

SISTEMA OPERATIVO.

El sistema operativo a emplearse en los equipos de cómputo podrá ser basándose en UNIX, VMS, OVMS, IRIX o WINDOWS NT, el cual debe cumplir con el manejo de base de datos y operación del sistema de adquisición de datos en tiempo real. Se deben usar módulos de programas separados para funciones de implementación tales como manejo de la base de datos, manejo de las consolas de operación, manejo de la consola de ingeniería, manejo de comunicaciones y manejo del sistema.

Se debe utilizar el protocolo de red Tcp/Ip para la intercomunicación entre los equipos de cómputo de los cuartos de control PCS, PTB y plataforma habitacional.

BASES DE DATOS DEL SISTEMA

El sistema debe contar con bases de datos relacionales, compatibles con SQL, que contenga la información de todos los subsistemas y contará con manejadores que cumplan con el estándar ODBC (open data base connectivity), para el intercambio y actualización de información.

El sistema debe contar con una base de datos independiente para cada una de las estaciones de operación/configuración e ingeniería, las cuales podrán ser modificadas de acuerdo a las necesidades de PEMEX. La información de las bases de datos debe ser actualizada en tiempo real en cada una de las estaciones descritas.

El sistema tendrá la capacidad de repartir el 100% de la carga de trabajo entre las estaciones de operación/configuración e ingeniería en PCS. Y el 100% de la carga de trabajo entre las estaciones de operación/configuración e ingeniería en PTB.

El software para la administración de la base de datos debe satisfacer los siguientes requisitos:

- a) Organización de la información
- b) Almacenamiento eficiente.
- c) Recuperación de datos eficiente.
- d) Seguridad e integridad de la información.
- e) Consulta de la base de datos en forma interactiva.

SOFTWARE DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN

El software de la interfaz de operación (HMI) debe correr en la plataforma operativa indicada para las estaciones de operación/configuración e ingeniería. Como mínimo, el software de la interfaz de operación deberá tener las siguientes características:

- a) Número mínimo de tags de 10,000.
- b) Ambiente de trabajo de ventanas.
- c) Soporte de librería de gráficos.
- d) Configuración en línea y fuera de línea.

- e) Configuración, visualización e impresión de alarmas, reportes y tendencias en tiempo real e históricas.
- f) Manejo de reporte por excepción.
- g) Animación de gráficos.
- h) Ejecución multitarea.
- i) Empleo de protecciones mediante passwords.
- j) Capacidad de ejecutar operaciones aritméticas y lógicas.
- k) Facilidades para la documentación.
- l) Gráficos orientados a objetos.
- m) Menús de ayuda en idioma español.
- n) Software de control estadístico de procesos.

SOFTWARE DE ADMINISTRACIÓN DE LA RED

Se debe proporcionar el software de administración de la red. Este software será capaz de realizar lo siguiente:

- a) Monitoreo y diagnóstico de la red en línea y fuera de línea.
- b) Configuración de la red.
- c) Este software debe disponer de un programa residente en la memoria de cada una de las estaciones de operación/configuración e ingeniería para realizar las funciones de autodiagnóstico del sistema en línea (watchdog), pero solamente un equipo será el encargado de realizar esta función.

SOFTWARE DE CONTROL

El software del controlador debe permitir realizar control secuencial, lógico, regulatorio y por lotes.

Las utilerías del software del controlador deben permitir la configuración del hardware, la auto entonación de lazos de control, diagnósticos al hardware, la adquisición de datos, la documentación del programa de control y su protección mediante claves de acceso. El software de configuración y programación de los controladores debe cumplir con el estándar IEC-1131-3.

Este software debe disponer de un programa residente en la memoria de los controladores de proceso para realizar las funciones de autodiagnóstico del sistema en línea (Watchdog).

SOFTWARE DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO

El software de control estadístico de proceso debe incluir las siguientes herramientas como mínimo:

- a) Hoja de registro o formato de verificación.
- b) Diagrama de Pareto.
- c) Diagramas de causa y efecto.
- d) Histograma de frecuencias.
- e) Gráficas de control por variables X-R y X-S.
- f) Prueba de normalidad Anderson-Darling.
- g) Cálculo de la habilidad del proceso.

Este software debe operar tanto en línea, como fuera de línea, teniendo enlace directo con la base de datos del sistema, para la actualización automática de valores de las muestras. También debe permitir la visualización gráfica e impresión de resultados desde la impresora de redes.

Se debe configurar siete gráficas de control X-R o S-R para las variables en el agua de salida de la plataforma: ph, oxígeno, turbidez, hipoclorito, bacterias, velocidad de corrosión y flujo. La actualización de valores de las muestras podrá ser automática o manual, es decir, podrá ser tomada desde la base de datos en tiempo real, o introducida por el operador desde el teclado de la estación de operación/ingeniería.

Se debe configurar los formatos de verificación para el registro catorcenal de las causas de los disparos de cada uno de los módulos de turbo bombas y turbo generadores del complejo de inyección de agua.

SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

Se debe configurar e integrar las bases de datos de todo el equipamiento considerado en este proyecto para la transferencia automática hacia este software de la información en tiempo real de las condiciones operativas del sistema.

Este software debe incluir utilerías que permitan efectuar:

- a) Procedimientos de mantenimiento.
- b) Control de inventarios.
- c) Control de programas de mantenimiento.
- d) Reportes de mantenimiento (registro de fechas y horas, equipo intervenido, marca, números de serie, nombre de quién ejecutó el mantenimiento, resultados del mantenimiento, equipo y refacciones utilizadas, etc.)

- e) Estadística de fallas y mantenimientos preventivos y correctivos.
- f) Cálculos de mtrr y mtbf.
- g) Mantenimiento predictivo (tiempo de operación de equipos y componentes y estimación de sustitución de partes).
- h) Cálculo de costos de mantenimiento (horas-hombre, refaccionamiento, tiempos muertos, transporte, alimentación, etc.).
- i) Impresión gráfica de cada uno de los puntos anteriores.

La aplicación del software de mantenimiento desplegará en forma gráfica en el monitor de la estación de ingeniería la información especificada en los incisos a) a h) de este software.

ESTÁNDARES Y NORMAS APLICABLES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.

Las condiciones eléctricas, instalación y configuración de equipo deben estar regidos bajo la última edición de los estándares, normas, códigos y prácticas recomendadas a continuación, por lo que se debe considerar para el diseño de este sistema, en caso de existir alguna contradicción entre estas normas y/o recomendaciones en listadas, se debe notificar a tiempo a *petróleos mexicanos para efectos de aclaraciones y/o acuerdos técnicos.*

- a) API 74c, API 750, API 500.
- b) ISO 9000 NOM NMX sistema de aseguramiento de calidad.
- c) IEEE 472-74, IEEE 802.3-90, IEEE 802.7-89, IEEE 802.5-89.
- d) EIA Rs 232c.
- e) ISAS5.1 Hardware Testing Of Digital Process Computer.
- f) ISAS5.2 Binary Logic diagrams For Process Operation.
- g) ISAS5.3 Graphic Symbols For Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computers Systems.
- h) ISAS5.5 Graphics Simbol Process Display.
- i) ISO/OSI International Standarization Organization/Open Systems Interconnectivity.
- j) NEMA Enclosure For Industrial Control And Systems.

Se debe suministrar en su propuesta los consumos de energía eléctrica estimados por sus equipos (memoria de cálculo del sistema), en cada centro de control y los sitios remotos.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE COMUNICACIÓN

Se debe utilizar el protocolo de red Tcp/Ip para la intercomunicación entre los equipos de cómputo de los cuartos de control PCS, PTB y plataforma

habitacional. Los equipos de cómputo estarán intercomunicados a través de una red redundante de área local (LAN) ethernet mediante el protocolo Tcp/Ip.

El medio por el cual se proveera la comunicación entre los equipos que conformarán la red de cómputo será el switch Ethernet. La red de cómputo debe tener la capacidad de comunicación a futuro con una red WAN ATM, con el sistema SCADA y con los sistemas de seguridad.

El tiempo de inicialización total del sistema de control distribuido propuesto (equipo de cómputo y equipo de proceso) no deberá exceder los 10 minutos.

DISPOSITIVO DE INTERFAZ CON EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ACTUAL Y CAPACIDAD FUTURA PARA COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON INTERFAZ V.35

Se deberá configurar, instalar y poner en operación una interfaz de comunicación para asegurar la transmisión/recepción de datos (entre los equipos de control) desde el complejo de inyección de agua a cada uno de las plataformas periféricas. Para ello deberá utilizar el enlace de radiocomunicación ya existente cuyas características son las siguientes :

Radiomodem marca Multipoint Network, modelo ran19/400, configurado para operar con el sistema de control actual de la siguiente manera : interfaz v.24/v.28 (EIA Rs232-c), conector DB-25 hembra, capacidad de trasmisión configurable de 1.2 a 4.8 kbps, en modo de transmisión asíncrona, y de 1.2 a 19.2 kbps para transmisión síncrona configurable, transmisión full duplex, siendo de solo un canal de datos (sin redundancia).

- Para transmisión asíncrona deberá considerar un bit de arranque (start), ancho de la palabra de 5 a 8 bits, bits de paro (stop), 1 o 2 y paridades par, impar y sin paridad.
- Para transmisión síncrona se debe considerar la sincronía a través del DTE (equipo terminal de datos), es decir se recibe el reloj de transmisión del equipo de datos conectado al canal (a través del pin 24).
- La interfaz estándar Rs-232c deberá de manejar las señales de información y control como a continuación se describe :

Pin1. Circuito aa.- Tierra de protección : el conductor esta conectado eléctricamente al chasis del equipo.

- Pin2. Circuito ba.- Datos transmitidos : señales de datos que se transmiten desde el DTE hasta el DCE o ETCO (equipo de terminación del circuito de datos). Estas son las señales que representan los datos de usuario propiamente dichos.
- Pin3. Circuito bb.- Datos recibidos : señales de datos del usuario que se transmiten desde el DCE al DTE.
- Pin4. Circuito ca.- Petición de transmisión(Rts-Request To Send): señal dirigida desde el DTE hasta el DCE. Este circuito notifica al DCE que el DTE dispone de datos para transmitir. Este Pin se emplea también en líneas semiduplex para controlar el sentido de las transmisiones de datos. La transmisión de esta línea desde el estado desconectado (Off) al estado conectado (On) notifica al DCE que debe tomar las acciones necesarias para permitir la transmisión.
- Pin5. Circuito cb.- Permiso para transmitir (Cts-Clear To Send): señal procedente del DCE, con la que se indica al DTE que ya puede transmitir sus datos. La señal CTS puede activarse (On) al recibir una señal portadora en línea procedente del Modem remoto. La temporización del circuito varía de un Modem a otro.
- Pin6. Circuito cc.- Equipo de datos preparado (Dsr-Data Set Ready): señal procedente del DCE, con la que se indica una de las siguientes condiciones: (a) que la máquina está descolgada, es decir, conectada al canal de una línea conmutada, (b) que el DCE está en modo de transmisión de datos (y no en modo de comprobación, o en modo vocal), (c) que el DCE ha completado las funciones de sincronización y responde con tonos.
- Pin7. Circuito ab.- Tierra de la señal : tierra común a todos los circuitos. establece la referencia del potencial de tierra para el resto de las líneas, en realidad no tiene nada que ver con una tierra verdadera, solo es un circuito de referencia común.
- Pin8. Circuito cf.- Detector de recepción de la señal de línea (Dcd-Data Carrier Detector): señal procedente del DCE, con la que se indica que este ha detectado la señal portadora generada por el Modem remoto.
- Pin15. Circuito db.- Temporización del elemento de señal del transmisor: señales procedentes del DCE que proporcionan la temporización a las señales de datos que estén siendo transmitidas hacia el DCE a través del Circuito ba (datos transmitidos). El que genera esta señal es el DCE; si es el

DTE el que proporciona el sincronismo, el Circuito empleado es el da (Pin24).

Pin17. Circuito dd.- Temporización del elemento de señal del receptor: señales procedentes del DCE que proporciona al DTE la temporización necesaria para las señales de datos que estén siendo recibidas por el Circuito bb (datos recibidos).

Pin20. Circuito cd.- Terminal de datos preparado (Dtr-Data Terminal Ready): señal procedente del DTE, con la que se indica que el terminal u ordenador están encendidos, que no se detecta ningún indicio de mal funcionamiento, y que no se encuentra en modo de pruebas. Por lo general, la línea CD permanecerá activada siempre que el equipo este listo para transmitir o para recibir datos. En configuración conmutada, una señal de timbre procedente del nodo remoto suele activar el Cd. Cd mantiene el canal en condición de conectado.

Pin24. Circuito da.- temporización del elemento de señal del transmisor: señales procedentes del DTE que proporciona la temporización a las señales de datos que estén siendo transmitidas por el circuito ba (datos transmitidos) hacia el DCE. El DTE se encarga de generar esta señal; si es el DCE el que genera el sincronismo, el Circuito utilizado es el db (Pin15).

Se deberá configurar, instalar y poner en operación los dispositivos de comunicación para la conexión de la red de proceso al sistema de radiocomunicación futuro el cual proporcionara puertos de datos con interfaz v.35 en el modulo de telecomunicaciones de la plataforma habitacional y poder efecutar la comunicación de datos hacia las plataformas Abkatun R, Q, S y P. Para ello, se deberá considerar que el sistema de control sea capaz de proporcionar puertos de comunicación con interfaz v.35 que deberán de conectarse a un equipo de comunicación futuro que contará con puertos v.35 de acuerdo a las siguientes características técnicas:

Canales de datos con interfaz eléctrica v.35

- Canales de datos para una capacidad de transmisión de 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, 32, 38.4, 48, 56, 64, 96, 128, 192, 256 y 384 kbps, en forma síncrona configurable,
- Interfaz física: conector hembra de 34 pines tipo winchester o v.35.

- Interfaz eléctrica: v.35., Señales TXD, RXD, Reloj externo, Reloj interno, Reloj esclavo, RTS, CTS, DSR, DTR, DCD, Señal de tierra, Tierra de chasis.
- Modo de operación: DTE o DCE seleccionable.
- Cumplir con las recomendaciones ITU serie v.35.

Las unidades de procesamiento remoto estarán constituidos como mínimo por los siguientes componentes:

- a) Su tecnología podrá ser cualquier otra excepto plc's.
- b) Unidad central de proceso (redundante, con procesamiento simultaneo), la cual debe cumplir mínimo con lo siguiente :
 - b1).Memoria no volátil (suficiente para contener las aplicaciones descritas en esta especificación, más un 20% adicional).
 - b2).Memoria RAM (suficiente para correr las aplicaciones descritas en esta especificación, más un 20% adicional).
 - b3).Velocidad (suficiente para correr las aplicaciones descritas en esta especificación).
 - b4).Indicadores visuales de estado (led's).
 - b5).Batería de respaldo para la memoria no volátil.
- c) Las unidades de procesamiento remoto deben tener la capacidad de soportar módulos de funciones especiales, los cuales podrán manejar funciones de control avanzado (lógica difusa, redes neuronales y sistemas expertos) para su empleo futuro.
- d) Fuente de alimentación (redundante).
- e) Tarjetas de entrada/salida
- f) Memoria no volátil (suficiente para contener las aplicaciones descritas en esta especificación, más un 20% adicional).
- g) Memoria RAM (suficiente para correr las aplicaciones descritas en esta especificación, más un 20% adicional).
- h) Procesadores de comunicaciones hacia el bus de proceso (redundante), utilizando como medio físico fibra óptica.
- i) Puerto de comunicaciones para programación de los procesadores de control por medio de la unidad portátil de programación (Lap-Top).
- j) Capacidad de soportar módulos de comunicación para los transmisores inteligentes a suministrar en este proyecto.
- k) Se debe considerar el suministro e instalación de los gabinetes de acero inoxidable nema 7x (a prueba explosiones), para cada una de las unidades programables remotas que proponga.
- l) La alimentación principal a las unidades de procesamiento remoto será de 127 volts de corriente alterna proporcionada por PEMEX, por lo que se deberá considerar el suministro e instalación de una trayectoria de tubería y cableado desde las unidades de fuerza ininterrumpible que estén instaladas en PCS y PTB a las fuentes de alimentación. Se debe considerar los centros de carga necesarios para cumplir con lo especificado.
- m) Todos los módulos de unidades de procesamiento remoto deben incluir indicadores visuales de estado (led's).

- n) Se deberá suministrar adicionalmente el 10% del total de señales de entrada/salida requeridos por cada unidad de procesamiento remoto (spare instalado).
- o) Los Racks de las unidades de procesamiento remoto deberán tener un 20% adicional de Slots (ranuras) libres para tarjetas de entrada/salida (spare no instalado), tomando como referencia el total de tarjetas de E/S instaladas en cada una de las unidades de procesamiento remoto.

Se mencionaron anteriormente las características de Hardware, Software y comunicación que se van a implementar en el SCD del complejo Abkatum-N1 de inyección de agua con el fin de dar conocer al lector un estudio a grandes rasgos del SCD que es donde se va a realizar este trabajo.

CAP. V ESTUDIO TÉCNICO DEL SOFTWARE COMERCIAL EXISTENTE PARA IMPLEMENTAR EL CEP

En este capítulo se van a mencionar que es una interfaz de operación, así como también su relación con el Control Estadístico de Proceso. Por otra parte las características técnicas más importantes del software de CEP de los principales fabricantes y por último se va a realizar una tabla comparativa de las características técnicas del software de Control Estadístico de Proceso.

5.1 CARACTERÍSTICA

En los nuevos sistemas de control de procesos, la presentación de resultados de los sensores, reguladores y alarmas ha dejado de hacerse mediante indicadores de aguja y similares, para ser sustituidos por una pantalla de visualización en color, incorporando además la presentación de datos históricos, tendencias, gráficas en tiempo real e históricos del proceso, etc.

Esta interfaz no solo trata de la presentación de resultados de cualquier tipo y de cualquier forma, sino, de ejecución de ordenes del operador, modificando características del sistema, ordenes dadas mediante un lenguaje gráfico o con un teclado especial con teclas funcionales. Otros términos que se utilizan para referirse a las interfaces de operación basadas en microprocesador son: GUI (Graphical User Interface), MMI (Man Machine Interface) y HMI (Human Machine Interface).

En resumen una interfaz de operación es una combinación de Menús, diseños de pantalla, ordenes de teclado, lenguaje de ordenes y pantallas de ayuda, que en conjunto conforman la manera en que el usuario interactúa con el proceso. El hardware, tal como un ratón o una pantalla táctil también quedan incluidos dentro de esta categoría. Una interfaz de operación correctamente diseñada es vital para el éxito de un paquete de software. Con el tiempo, el vídeo interactivo, reconocimiento de voz y la comprensión del lenguaje natural provocarán cambios dramáticos en las interfaces de operación de hoy en día.

Actualmente son utilizadas sofisticadas redes de cómputo, las cuales incluyen concentradores y switches de alta velocidad, con estaciones de

trabajo bajo la arquitectura Cliente / Servidor, bases de datos distribuidas, además de modernas interfaces gráficas de usuario para los sistemas de control de planta.

El software de Interfaz Humano-Máquina debe operar en diferentes plataformas, como son Windows, Windows NT, UNIX, DOS, entre otras. En la actualidad se pretende que todo el lenguaje de programación sea orientado a objetos, además de manejar reporte por excepción, que es un ancho de banda configurado de forma opcional por el usuario para cada variable de proceso, dentro del cual los valores que estén dentro de este rango no se actualizarán en el sistema, por otro lado únicamente las variables que salgan de este rango serán actualizados por el sistema.

El software de Interfaz Humano Máquina cumple con los siguientes lineamientos tecnológicos generales:

1. Desplegados en pantalla (gráficos)

Los diferentes gráficos son actualizados con información nueva de proceso en un tiempo mínimo de 1ms. Estos gráficos manejan diferentes colores, vídeo inverso, accesibilidad, entre otras características.

2. Configuración para:

- Asignaciones de entradas/salidas.
- Generación de gráficos dinámicos.
- Generación de reportes.
- Estrategias de control

3. Sumarios de alarmas y eventos

Se dispone de un sumario de todas las alarmas y eventos ocurridos en el sistema, el cual debe incluir como mínimo: identificación, descripción de la variable, tipo de alarma y/o evento, valor de la variable de proceso con unidades de ingeniería, límite de alarma además de día y hora en que se generó la alarma y/o evento y el nombre del usuario activo en el sistema.

4. Históricos de alarmas y eventos

Se dispone de un histórico de todas las alarmas y eventos ocurridos en el sistema. Debe de incluirse en este punto todas las características mencionadas en el punto anterior.

Estos tienen dos variantes:

- Desplegados de tendencias en tiempo real.
- Desplegados de tendencias históricas.

5. Desplegados de tendencias

Las tendencias en tiempo real muestran el comportamiento continuo de las variables de proceso en pantalla de 1 segundo hasta 585 horas como mínimo. Por otra parte las tendencias históricas muestran el comportamiento continuo de las variables de proceso en pantalla de 1 segundo hasta 10 años como mínimo.

Los límites de alarma activos, se representan dentro de una gráfica con líneas horizontales de diferentes colores.

6. Gráficos dinámicos

El software es capaz de visualizar el proceso de producción en forma aproximada, para que el usuario pueda observar la forma en que se lleva a cabo la dinámica del proceso. De esta forma se hace más sencillo el control del proceso. Se deben usar la combinación de líneas, símbolos y caracteres alfanuméricos para representar en forma gráfica los diferentes parámetros y equipos del proceso. De esta forma los caracteres alfanuméricos muestran el valor de la variable en cuestión, mientras que los gráficos dinámicos presentan al equipo del proceso y sufren cambios cada vez que la variable cambie de valor, se trata de que la visualización del cambio se realice en tiempo real.

7. Generación de reportes

Gracias a que la programación es orientada a objetos, el usuario puede generar reportes operativos y de mantenimiento con gran facilidad en forma periódica o a voluntad del operador, es decir, cuando este los necesite. Estos reportes pueden ser enviados a una impresora local o a un archivo binario para su almacenamiento.

Los reportes son generados con valores instantáneos o promedios, manejados por el sistema de control y supervisión, así como la información existente en los dispositivos de almacenamiento de acuerdo a los datos requeridos.

8. Acciones de control

La Interfaz humano-máquina es capaz de proporcionar acciones de control desde los gráficos presentados en pantalla, esto puede realizarse ya sea por acción del *mouse*, el teclado o en su defecto por el *touchscreen*. Todas las acciones de control que sean tomadas, así como los cambios en los elementos finales de control son guardadas en un registro, anotándose la hora, fecha, estado y descripción del evento, así como en nombre del usuario que realizó el movimiento.

9. Sistema distribuido

Se entiende por este concepto, la capacidad de la Interfaz Humano-Máquina para trabajar en un entorno de red, es decir, que todas las estaciones de trabajo o PC's utilizadas tengan comunicación entre sí, con el fin de distribuir la supervisión y control del proceso.

En su momento también se pretende que se tenga acceso por vía *internet* a las computadoras del proceso por personal autorizado. De esta forma se genera la posibilidad de monitoreo de proceso en forma remota.

10. Niveles de seguridad

El software es capaz de denegar el acceso a personal no calificado para operar en ciertas regiones del proceso, por lo tanto se configuran claves de acceso de acuerdo a los siguientes niveles de operación.

Nivel 1 Operador.

Nivel 2 Mantenimiento.

Nivel 3 Ingeniero.

Como puntos adicionales a los lineamientos tecnológicos anteriores, el software debe incorporar otros módulos o herramientas para poder realizar diversas funciones como son:

1. Control Estadístico de Proceso (SPC)
2. Interfaces con manejadores de Bases de Datos Relacionales.
3. Base de Datos Relacional en Tiempo Real.

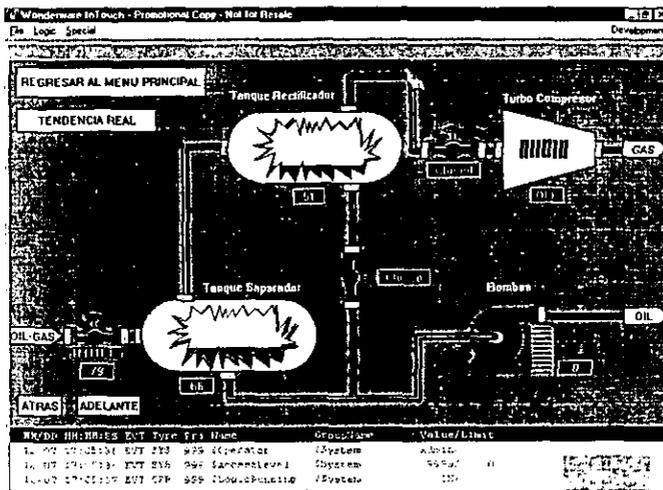


Figura 5.1.

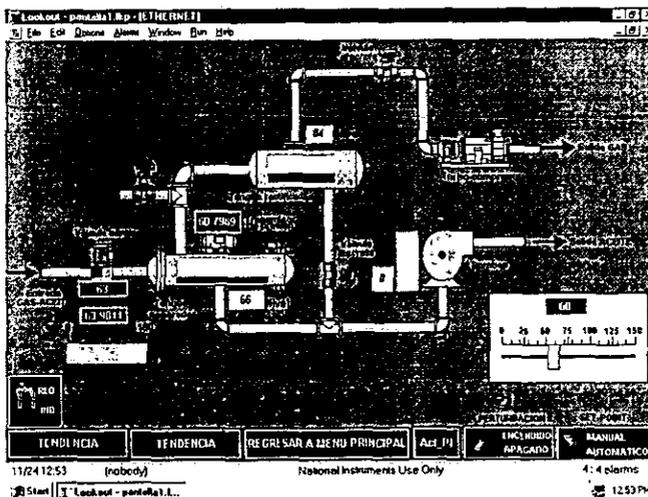


Figura 5.2.

Ejemplos de Interfaz Humano-Máquina se muestran en las figuras 5.1 y 5.2. En la primera figura se muestra la Interfaz In Touch y la segunda figura la Interfaz Lookout.

Se ha descrito en forma amplia las características que debe tener una Interfaz Humano-Máquina, con el fin de que el lector conozca que es una interfaz humano máquina, debido a que la mayoría de los software de Control Estadístico de Proceso necesitan de una interfaz Humano máquina. Aunque hay algunos que no necesitan un interfaz de este tipo para poder realizar el Control Estadístico de Proceso.

Después del estudio técnico que se hizo del software de CEP, se pudieron determinar las principales características técnicas del software del CEP, a continuación se van a mencionar en forma resumida cada una ellas.

Sistemas Operativos

Una de las características técnicas del software de CEP que se considera como primordiales son los sistemas operativos en que corren los software del CEP esta característica es importante porque determina los estándares para los programas de aplicación que se ejecutarán allí, así como también administra los recursos y operaciones en general del software. Los sistemas operativos en los que corre los principales software de CEP son Windows NT, 95, 3.1, 3.11, MS DOS 5.0 o versiones superiores, Novell en versiones 3.12 o superiores, Unix en versiones más recientes.

Drivers de comunicación

Para que las interfaces de operación comerciales y propietarias logren comunicarse con controladores de diferentes marcas, es necesario que utilicen drivers de comunicación. Los drivers de comunicación más comunes que se utilizan para las aplicaciones del software de CEP son las marcas de los fabricantes de los controladores más importantes como ABB, Allen Bradley, foxboro, Eurotherm, Elsag Bailey, Ge Fanuc, Honeywell, Mitsubishi, Modicon, Moore, Profibus, Siemens, Telemecanique, Toshiba, Eschelon, Klockner-Moeller, PLC Direct, Schneider.

Idiomas manejados

Esta característica también se considero importante en el estudio técnico de software del CEP. Debido a que algunos software de Control Estadístico de Proceso se limitan al manejo de un idioma y el más común es el ingles. Luego se puede requerir el uso de otros idiomas en que venga el software,

debido a que puede haber usuarios que pueden intervenir en el proceso para aportar mejoras o para expandir tu proceso en otros países. Hay ya en la actualidad paquetes de algunos fabricantes de software de CEP que ya traen integrada una herramienta para que el usuario elija el idioma de su preferencia. Los idiomas más usuales que traen los diferentes software de CEP son aparte del anteriormente mencionado Chino, Francés, Español, Alemán, Francés, Noruego, Ruso, Sueco, Japonés, Holandés.

Niveles de seguridad manejados

Estos niveles de seguridad son usados en los software de CEP para tener acceso controlado para personal no calificado pueda tener acceso a la configuración del proyecto, y para poderle asignar a usuarios niveles de acceso a cierta parte del programa, los niveles comúnmente usados son:

- Nivel 1 Operador
- Nivel 2 Mantenimiento
- Nivel 3 Ingeniero

Aunque después del estudio técnico de los software de CEP, se pueden ver que existen diferentes números de niveles dependiendo del fabricante de software del CEP.

Base de datos

Las bases de datos juegan un papel primordial en los software CEP debido a que en esta se puede guardar datos históricos, el estado de alarmas, el tiempo de la última vez que hizo la última identificación o logging para ingresar al proyecto, e incluso las unidades de ingeniería. Estas base de datos se utilizan para fines estadísticos o de control, y así para poder conocer el estado anterior y actual del proceso, y poder dar una solución de beneficio posterior al proceso. Las bases de datos que utilizan los software del CEP se exhiben en la tabla comparativa.

Alarmas

Esta característica técnica del software de Control Estadístico de Proceso es una de las importantes debido que existe una herramienta que despliega todas las alarmas que suceden para condiciones fuera de control, de donde provienen, reconocerlas, resetearlas y borrarlas. Y esta puede ser desplegada en una forma visible al operador inmediatamente que esta ocurra. Por otra parte se le puede dar prioridad a cada una de las alarmas.

Capacidad de caracteres para nombrar archivos

Esta característica del software del CEP es la capacidad de caracteres para nombrar archivos, cuando en un proceso se tienen una gran cantidad de archivos y que se deben especificar bien cada uno para evitar confunciones y pérdidas de tiempo debido a esto los fabricantes de software del CEP manejan diferentes estándares de caracteres para nombrar los archivos y estos estándares se pueden observar en la tabla comparativa del software de CEP.

Herramientas del CEP

Esta característica se tomo en cuenta en el estudio técnico del software del CEP, debido a que algunos fabricantes software del CEP manejan algunas herramientas del CEP que no son tan indispensable para realizar un estudio bastante satisfactorio del proceso, y algunos fabricantes la toman de una manera muy simple estas características y estas herramientas son las principales para realizar un buen Control Estadístico de Proceso para así poder mejorar la producción de un proceso.

En la figura 5.3, se muestra el software del CEP de SuperCEP en donde se puede observar el histograma que lo usan para el estudio de la capacidad del proceso, es decir, este te permite conocer si se cumplen con las tolerancias y exigencias del cliente.

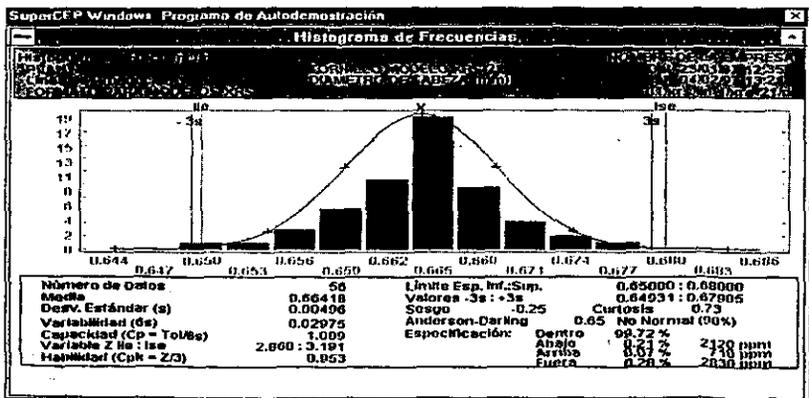


Figura 5.3

Esto depende de cada una de las partes que integran el proceso y que grado crítico se le asigna a cada una ellas.

Facilidad de configuración

La facilidad de configuración trata de que tan amigable o fácil de configurar el programa hay algunos software Control Estadístico de Proceso que son *difíciles de configurar* como Cimplicity, In Touch, etc. Y otros que son más amigables o fáciles de configurar como SuperCEP, Lookout, SPQC II, etc. Esta característica se muestra de cada uno de los software en la tabla comparativa.

Costo del producto

El costo del producto es uno de las principales característica técnicas que le interesan conocer al usuario debido a que debe de hacer una cotización estimada del producto, ver la dualidad de las ventajas técnicas *que ofrece el software* y el costo del paquete para ver que tan aceptable es respecto con los otros software, y que beneficios se pueden obtener de él.

Requerimientos mínimos del hardware

Esta características es la que trata de los requerimientos mínimos de hardware que recomienda el fabricante de software de CEP para que se pueda instalar y trabajar de una manera optima el software de Control Estadístico de Proceso. Estos requerimientos mínimos de hardware que recomienda el fabricante más usuales son el tipo de monitor (VGA, SVGA, EGA, CGA y Hercules), Espacio libre de disco duro en MB, RAM en MB, Mouse, Tipo de procesador (486 o superior). Aunque algunos fabricantes te recomienda *drivers para disco 3.5"* o de CD ROM.

Exportación/Importación

Estas funciones se tomaron en cuenta debido a que es importante porque estas permiten crear la base de datos en tu software de CEP, y luego exportarlos a otros programas tales como Excel, Lotus 1-2-3, EPS, FAX, IMG, BMP, RLE, DIB, DXF, Access, CSV, Cadenas de datos RS 232, archivos de texto ASC II, MFP, WMF, WAV, dBase, archivos SPSS, SPC, SQC y editar, *borrar o agregar información para luego a importarlos en el proyecto*. También es posible transportar bases de datos de un proyecto a otro o construirla desde cero en otro programa y luego importarla gracias a estas funciones.

Otra herramienta que maneja el SuperCEP para llevar a cabo el CEP, es el diagrama de Pareto esta herramienta te permite jerarquizar la importancia de los problemas de calidad en función de la frecuencia con la que aparecen y del costo o impacto relativo de cada uno de ellos.

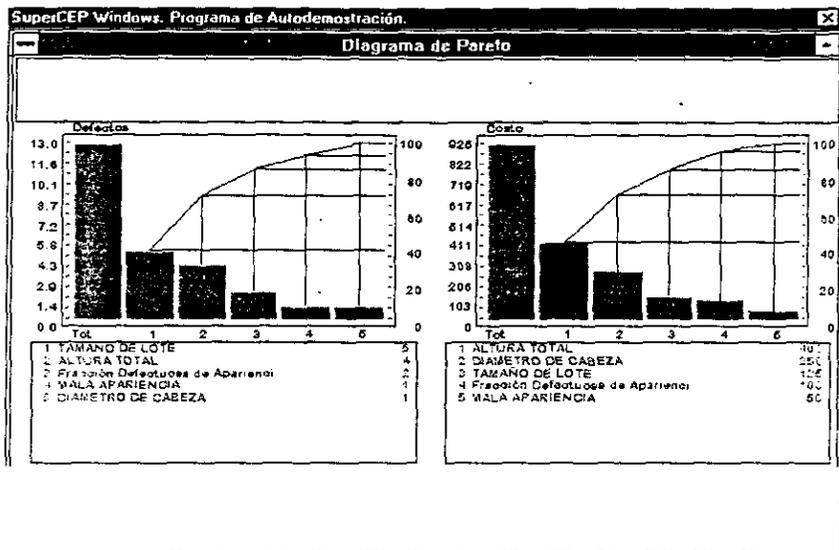


Figura 5.4

Las herramientas anteriormente mencionadas son también comúnmente utilizadas por otros software de CEP.

Transferencia de información

La transferencia de información se puede dar con dos tecnologías en las bases de datos de los software del CEP son OLE y DDE, aunque DDE es muy comúnmente utilizada pero la inconveniencia es que esta tecnología nada más se limita al uso de productos de Microsoft, por otra parte el OLE se esta logrando ser más un estándar para transferencia de información de las bases de datos debido a que además de las aplicaciones de Microsoft maneja todas las aplicaciones de Macintosh de Apple. En el futuro se va imponer OLE sobre DDE por la ventaja que anteriormente se menciono.

5.2 TABLA COMPARATIVA

A continuación se muestra la tabla comparativa de los más importantes fabricantes de software del CEP después del estudio técnico que se realizó, en esta se muestran cada fabricante con cada una de las características que se mencionaron anteriormente.

TABLA COMPARATIVA DE CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE DE CEP

FABRICANTE	Ci Technologies Inc.	CimWorks Gage Talker	GE Fanuc Automation	Hertzer Systems Inc.
PRODUCTO	Citect para Windows	VisualSPC	Cimplicity	QA/S Gainseeker SPC 5-2
SISTEMAS OPERATIVOS	Windows 95 y NT	MS DOS 5.0 o más superior Windows 3.1 o más superior	Windows NT 4.0 y 95	Windows 3.1 o más superior. Windows 95. Windows NT 4.0. Novell
DRIVERS DE COMUNICACIÓN (cuantos)	Maneja 136 drivers (no incluyen un costo extra)	Maneja 5 drivers y otro llamado gageport tiene un costo adicional desde 495 hasta 795 dólares dependiendo de la aplicación	Maneja 18 drivers (si se requiere otro driver se tiene que comprar)	Maneja 20 drivers.
IDIOMAS MANEJADOS	Chino, inglés, francés, alemán, noruego, ruso, español y sueco	Español, Ingles	Ingles	Ingles

NIVELES DE SEGURIDAD MANEJADOS	250 niveles de seguridad	4 niveles de seguridad por cada usuario número ilimitados de usuarios	Número ilimitado	Cuenta con dos niveles para cada usuario. Número ilimitado de usuarios
BASE DE DATOS	Dbase	Son con formato Access de Microsoft	Se Accesa mediante un archivo CSV. A diferentes bases de datos como Oracle de UNIX, Servidor SQL de Microsoft	Oracle, Btrieve, Servidor SQL de Microsoft
HERRAMIENTAS DEL CEP	Gráficos Cp, Cpk, X, R, S, Histogramas y Pareto	Pareto, Gráficos de control (c, p, np, u, $\bar{x}R$, $\bar{x}S$, X individual y R en monimiento	Gráficos de control $\bar{x} - R$, X individual	Gráficos de control \bar{x} , R individual, R en movimiento, Cpk
CUANTAS ALARMAS (PARA CONDICIONES FUERA DE CONTROL)	Número ilimitado de alarmas	Número ilimitado	9999 alarmas	5 alarmas
FACILIDAD DE CONFIGURACIÓN	Amigable	Amigable	No amigable	No amigable
COSTO DEL PRODUCTO	Licencia tipo servidor para 150 000 puntos 18 000.00 dólares.	1995 dólares para puntos ilimitados	Número ilimitado tiene un costo de 14 000.00	2 995.00 dólares, cada usuario adicional

	Licencia tipo cliente para 150 000.00 puntos 9 000.00 dólares. Licencia Manager para 150000 puntos 3000.00 (los precios anteriores no se les ha incluido el IVA del 15%)		dólares	tiene un costo de 450.00 dólares
REQUERIMIENTOS MINIMOS DE HARDWARE	Pentium150 Mhz con 32 Mb de RAM, driver para CD ROM, Espacio libre de disco duro 3 Gb, Monitor SVGA	Lector de disco de 3.5", 486 Dx-250 Mhz, Monitor VGA, 8 MB de RAM, 8 MB para el intercambio permanente de archivo en disco, 20 MB libres de espacio en disco duro	Procesador pentium, 33 Mhz, 32 MB RAM, monitor VGA	486 o procesador más grande, 8 MB RAM, monitor VGA, mouse, 10 MB libre de disco duro
EXPORTACIÓN / IMPORTACIÓN (tipos de archivos)	EPS, FAX, IMG, BMP, RLE, DIB, DXF	Access y Excel de Microsoft	CSV y cualquier otro programa compatible con este archivo	Cadenas de datos RS 232 y archivos de texto ASC II
CAPACIDAD DE CARACTERES PARA NOMBRAR ARCHIVOS	80 Caracteres	Número de caracteres ilimitados por archivo	32 caracteres (Windows NT) 16 caracteres (Windows 95)	30 caracteres
TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN	Se emplea la tecnología DDE	Se emplea la tecnología	Excel y cualquier	Se emplea la

	y el paquete es Excel	OLE y la paquetería es cualquiera que soporte esta tecnología	paquetería de Microsoft que soporte la tecnología DDE	tecnología a DDE. Excel o cualquier otro paquetería de Microsoft
--	-----------------------	---	---	--

FABRICANTE	Honeywell IAC	IQS Inc.	Lilly Software Associates Inc.	National Instruments
PRODUCTO	SPQC II	IQS Business System	Visual Manufacturing	Lookout
SISTEMAS OPERATIVOS	Windows NT	Windows 95 Windows NT Unix Novell	Windows 95 o más grande. Novell v. 3.12 o más grande Windows NT v 3.5 o más grande.	Para versión de 16 bit Windows 3.1 o más superior. Windows para grupos de trabajo 3.11 o más superior. MS DOS 3.0 o más superior. Para versión de 32 bit Windows 95. Windows NT
DRIVERS DE COMUNICACIÓN	20 drivers de comunicación (no incluyen un costo extra)	16 drivers de comunicación (no incluyen un costo extra)	11 drivers de comunicación (no incluyen costo extra) 17 drivers adicionales (incluyen	22 drivers de comunicación (no incluyen un costo extra)

			costo extra)	
IDIOMAS MANEJADOS	Inglés, portugués, Español, Alemán	Inglés	Inglés	Inglés
NIVELES DE SEGURIDAD MANEJADOS	8 niveles de seguridad	Número ilimitado de niveles de seguridad	30 de niveles de seguridad	10 niveles de seguridad
BASE DE DATOS	Oracle, Acces	Oracle, Servidor SQL	Base de datos relacionales SQL, Oracle.	Citadel con soporte de ODBC
HERRAMIENTAS DEL CEP	Gráficos de control (\bar{x} , R, $R-\bar{x}$, S)	Histograma Gráficos de control p , \bar{x} , R, C_p , C_{pk} , p , np , u , c . Gráficos de Pareto, Hoja de registro	Gráfico de Pareto, gráficos de control (\bar{x} , R, S)	Histogramas, gráficos de control \bar{x} , R, Pareto, XY
ALARMAS (PARA CONDICIONES FUERA DE CONTROL)	6 por cada usuario	10 por cada usuario	8 niveles por cada usuario	10 niveles por usuario y son ilimitadas
FACILIDAD DE CONFIGURACIÓN	Amigable	No es amigable	No amigable	No es amigable
COSTO DEL PRODUCTO	Para números de puntos ilimitados 5 000 USD	Cada punto 580 dólares	Puntos ilimitados 4500 dólares	Para 50 puntos 820 dólares. Para 100 puntos 1645 dólares. Para número de puntos ilimitados 8245 dólares.
REQUERIMIENTOS	Computadora	Computadora	Pc IBM, o	Computadora

DE HARDWARE	con procesador pentium II a 400 Mhz con 128M RAM, monitor VGA	personal 80486 de 66 Mhz o un procesador más grande con 24 MB RAM o pentium 133 con 16 MB RAM o pentium 233 Mhz con 32 MB RAM, disco duro con al menos 180 MB, drive para CD-ROM, monitor a color VGA, SVGA	100% compatible , procesador pentium o más grande. Disco duro 16 MB de espacio libre, CD-ROM, Monitor IBM VGA/SVGA	386, 486, o Pentium basado en IBM PC computadora personal compatible, 4 MB RAM de disco duro libre, driver para floppy, un mouse (preferiblemente versión bus), monitor VGA (640 x 480), coprocesador matemático opcional
EXPORTACION / IMPORTACION	Se pueden realizar a diferentes aplicaciones como paquetes BMP, MFP	Puede exportar e importar a cualquier importación	Puede exportar e importar archivos EPS, FAX, RLE	Puede exportar e importar BMP, WMF, WAV
CAPACIDAD DE CARACTERES PARA ARCHIVOS	10 caracteres	32 caracteres	32 caracteres	32 caracteres
TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN	DDE y los paquetes que utilizan es Excel, Visual Basic	DDE y el paquete es Excel	OLE y el paquete es Lotus, Excel	DDE y el paquete que usa es Excel

FABRICANTE	SPSS Inc.	Softran	Wonderware	Stephen Computer Service Inc.
PRODUCTO	QI Analyst	Intellution	Intoch	SPC DataLyzer 9000
SISTEMAS	Windows 3.1 o	Windows 95 o	Windows NT	MS DOS

OPERATIVOS	más superior. MS- DOS 3.1 o más superior.	Windows NT 3.51. Windows 3.1. Windows para grupos de trabajo 3.11	y 95	3.0 o superior, Novell, UNIX, Windows NT, Windows 95
DRIVERS DE COMUNICACIÓN	Cuenta con 16 drivers sin costo adicional	Más de 800 drivers (sin costo adicional)	600 drivers de comunicación (sin costo adicional)	Más de 100 drivers (sin costo adicional)
IDIOMAS MANEJADOS	Chino, Alemán, Japonés, Español, Ingles	Ingles, Alemán, Francés, Japonés y Holandes	Ingles	Español, Francés, Holandés y Alemán
NIVELES DE SEGURIDAD MANEJADOS	Maneja 3 niveles de seguridad por usuario con password de seguridad (Niveles ilimitados)	Maneja niveles ilimitados por usuario	9999 niveles de seguridad	Se tienen 2 niveles por usuario número ilimitado de usuarios
BASE DE DATOS	Se tiene un servidor que cuenta con el soporte ODBC (en la versión QI Analyst DB solamente)	Engres, Acces, Oracle, Sybase, Servidor SQL	Cumple con el estándar ODBC y una es Oracle, Servidor SQL, Microsoft Access	No se manejan bases de datos maneja archivos secuenci ales
HERRAMIENTAS DEL CEP	Gráficos de control cuenta con 27 gráficos de este tipo, Histograma, Pareto.	Histograma, gráficos de control (\bar{x} , $R - \bar{x}$, S , X , R , \bar{x} en movimiento, R en movimiento.	Histogramas, gráficos de Pareto, Gráficos de control ($\bar{x} - R$, $\bar{x} - S$, \bar{x} , R , S), gráficos c ó p	Gráficos de control (\bar{x} , \bar{R} , R movible), Histogramas

ALARMAS (PARA CONDICIONES FUERA DE CONTROL)	Maneja 3 alarmas por aplicación	Maneja 255 alarmas por aplicación	999 alarmas	Maneja 37 alarmas
FACILIDAD DE CONFIGURACIÓN	Amigable	Amigable	No es amigable	No es amigable
COSTO DEL PRODUCTO	Licencia para red para 50 puntos 31 920.00 dólares más IVA	Cada punto tiene un valor de 550 dólares	520 dólares	6000.00 dólares para puntos ilimitados
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE	386 o computadora con procesador más grande, 8 MB RAM, 6 MB de espacio de disco duro, monitor VGA	Monitor VGA, 16 MB de espacio de disco duro, 486 DX a 50 Mhz o más grande	486 o superior, 8 MB RAM, Disco duro espacio libre 250 MB, monitor VGA	420k RAM, espacio del disco duro de 950k, monitor VGA, EGA, CGA y Hercules
EXPORTACIÓN/ IMPORTACIÓN	ASC II, Excel, Lotus, dBase, y archivos SPSS y SPC	Lotus, Excel	BMP, MTF, dBase	Lotus, Excel, SQC
CAPACIDAD DE CARACTERES PARA ARCHIVOS	200 caracteres por archivo	30 caracteres por archivo	8 caracteres	24 caracteres por archivo
TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN	DDE y la paquetería es Excel, Lotus 1-2-3	DDE, Net DDE y la paquetería es cualquier software que soporte estos estándares	DDE y cualquier paquetería que cumpla con la tecnología	Esta función se realiza con archivos ASC II. No cuenta todavía con la tecnología a DDE, OLE.

				Estas tecnologías serán incorporadas para 1999
--	--	--	--	--

FABRICANTE	SuperCEP SA de CV
PRODUCTO	SuperCEP
SISTEMAS OPERATIVOS	Windows 3.1, 95 ó 98. Windows NT, Novell, Lan Manager, Windows 3.11
DRIVERS DE COMUNICACIÓN	Más de 80 drivers de comunicación seriales
IDIOMAS MANEJADOS	Ingles y Español
NIVELES DE SEGURIDAD MANEJADOS	100 niveles de seguridad
BASE DE DATOS	MDB y ASC II Plano
HERRAMIENTAS DEL CEP	Histograma, Pareto, Hoja de registro, Gráficos de control (\bar{x} - R , \bar{x} - S , R en movimiento y puntos individuales, P , NP , C y U)
ALARMAS (PARA CONDICIONES FUERA DE CONTROL)	6 alarmas
FACILIDAD DE CONFIGURACIÓN	Amigable

COSTO DEL PRODUCTO	960 dólares + IVA. Cada punto tiene un costo adicional de 360 dólares + IVA
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE	Monitor VGA o mayor, 8 MB en RAM, Ratón, Procesador de 66 Mhz ó mayor, 6 Mb libres en disco duro,
EXPORTACIÓN/ IMPORTACIÓN	Excel, Lotus
CAPACIDAD DE CARACTERES PARA ARCHIVOS	Tiene 30 caracteres por archivo
TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN	No cuenta con esta función para mediados de 1999 tendrá ya esta función

Después de que el lector concluya este capítulo tendrá conocimiento de las principales características técnicas del software comercial del CEP, para que posteriormente pueda entender de una forma más concreta que la que son cada una de estas características técnicas del software comercial del CEP.

CAP. VI PROCESO SELECCIONADO PARA LA APLICACIÓN DEL CEP

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proyecto inyección de agua emplea un "sistema de tratamiento cerrado", cuya función es proporcionar el tratamiento más adecuado al agua de mar, previo a su inyección al yacimiento.

Dicho sistema fue diseñado en base a las características del agua de mar como fuente de suministro y a la calidad del agua de inyección; involucrando los tipos de tratamiento físico y químico, ambos consistentes en:

- Eliminación de sólidos suspendidos.
- Eliminación de oxígeno disuelto.
- Control de la estabilidad química del agua (PH).
- Control bacteriológico.

Para tal propósito, la plataforma (PTB) cuenta con el equipo necesario para tratamiento y bombeo total, su función principal es tratar el agua de mar y bombearla hacia los pozos inyectoros localizados en las plataformas satélites (N,P,Q,S y R).

El sistema de tratamiento cerrado esta conformado por las etapas que a continuación se explican en forma breve.

SECCIÓN DE CAPTACIÓN

El agua de mar para su tratamiento es suministrada por las 8 bombas de toma (GA-9A/H), de las cuales tres operan continuamente para proporcionar el volumen de inyección y gasto necesario para efectuar el retrolavado de los filtros de cama y son accionadas por un motor eléctrico de 900 hp.

La succión se encuentra a una profundidad de 20 metros a partir del espejo del agua, donde se dispone de la inyección de hipoclorito de sodio. Este tiene la finalidad de inhibir la proliferación de bacterias y/o microorganismos para evitar obstrucciones en la succión.

CAP. VI PROCESO SELECCIONADO PARA LA APLICACIÓN DEL CEP

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proyecto inyección de agua emplea un "sistema de tratamiento cerrado", cuya función es proporcionar el tratamiento más adecuado al agua de mar, previo a su inyección al yacimiento.

Dicho sistema fue diseñado en base a las características del agua de mar como fuente de suministro y a la calidad del agua de inyección; involucrando los tipos de tratamiento físico y químico, ambos consistentes en:

- Eliminación de sólidos suspendidos.
- Eliminación de oxígeno disuelto.
- Control de la estabilidad química del agua (PH).
- Control bacteriológico.

Para tal propósito, la plataforma (PTB) cuenta con el equipo necesario para tratamiento y bombeo total, su función principal es tratar el agua de mar y bombearla hacia los pozos inyectoros localizados en las plataformas satélites (N,P,Q,S y R).

El sistema de tratamiento cerrado esta conformado por las etapas que a continuación se explican en forma breve.

SECCIÓN DE CAPTACIÓN

El agua de mar para su tratamiento es suministrada por las 8 bombas de toma (GA-9A/H), de las cuales tres operan continuamente para proporcionar el volumen de inyección y gasto necesario para efectuar el retrolavado de los filtros de cama y son accionadas por un motor eléctrico de 900 hp.

La succión se encuentra a una profundidad de 20 metros a partir del espejo del agua, donde se dispone de la inyección de hipoclorito de sodio. Este tiene la finalidad de inhibir la proliferación de bacterias y/o microorganismos para evitar obstrucciones en la succión.

Las bombas descargan bajo control de presión hacia un cabezal y el fluido es enviado a la sección de filtración, esta sección cuenta con dos derivaciones principales para los servicios de alimentación al paquete de hipoclorito de sodio y depresionamiento a control de presión con envío al mar.

SECCIÓN DE FILTRACIÓN

Su objetivo es retener el 98% de las partículas de 2 micras o mayores del agua proveniente de la sección de captación, para ello se cuenta con 10 filtros de cama (FG31/ 35 A/B). Para proporcionar el volumen de inyección, tres filtros serían suficientes, pero la contaminación microbiológica por puntos muertos sería constante, por lo que se tienen en operación todos los filtros disponibles, dejando uno para retrolavado.

Como ayuda a esta operación de filtración, en el cabezal de suministro se dispone de una inyección de producto químico polímero, que como coagulante tiene la función de aglomerar las partículas sólidas de gran tamaño, así como la aplicación del hipoclorito de sodio con el propósito de evitar la proliferación de bacterias en el filtro. Con el propósito de mantener una operación eficiente, se cuenta con un sistema de retrolavado con el agua producto de los filtros.

Una vez filtrada el agua de mar, es enviada a la sección de desaeración a control de flujo, a través de un cabezal que tiene prevista una dosificación de antiespumante, así como dos derivaciones, la primera proporciona el flujo necesario para la operación del paquete de ácido sulfuroso y la segunda como alivio de presión con descarga al mar.

El objetivo de la dosificación del antiespumante es la de evitar la formación de espuma, lo cual causaría deficiencias en la operación de las torres de desaeración.

SECCIÓN DE DESAERACIÓN

La función principal es eliminar el oxígeno disuelto en el agua de mar filtrada. Esta constituida por las torres de desaeración (DA-1A/D), el proceso consiste en retirar el oxígeno de la atmósfera que se encuentra sobre la superficie del agua, para que el oxígeno contenido en esta, sea transferido a la atmósfera en un intento por alcanzar el equilibrio.

La transferencia de masa puede lograrse básicamente, aplicando vacío con ayuda de bombas y eyectores con el fin de agotar el oxígeno contenido en la fase gaseosa.

Esta eliminación de oxígeno es efectuada al permitir el paso de agua de mar filtrada a través de un cabezal distribuidor superior, en donde el líquido es flasheado antes de iniciar su camino descendente por dos lechos empacados con "pall-rings" de polipropileno, localizados en la parte inferior del equipo.

Cada torre cuenta con una alimentación de ácido sulfuroso con el propósito de abatir el ph del agua de aproximadamente de 8.3 a 7.2, además de secuestrar el residual de oxígeno disuelto en el agua de mar.

SECCIÓN DE BOMBEO

Libre de oxígeno, el agua de mar pasa a la sección de bombeo, la cual está constituida por 5 bombas reforzadoras (GA-3A/E) y 4 turbo bombas de inyección (GA-1A/B/D/E). Las cuales tienen como función proporcionar a control de presión el NPSH (presión mínima requerida y necesaria en la succión) por las bombas de inyección. En la succión de las bombas reforzadoras, se dispone de la dosificación del bactericida y el inhibidor de corrosión, con la finalidad de mantener bajo control el crecimiento bacteriano en el primero y proteger o minimizar el fenómeno de corrosión; en la descarga de estas mismas bombas se cuenta con la dosificación del inhibidor de incrustación, el cual nos reducirá el fenómeno de la incrustación en las instalaciones superficiales, así como en el acuífero donde es inyectada el agua tratada.

La plataforma de control y servicios (PCS), tiene como función el suministrar los servicios auxiliares necesarios para mantener en operación al equipo propio, así como a las plataformas que integran el complejo (plataforma de tratamiento y bombeo y plataforma habitacional).

Para proporcionar la energía eléctrica para todo el complejo existen dos turbo generadores, los cuales son operados por medio de gas combustible. La capacidad de estos equipos es de 17 Mwatts y 13800 volts cada uno, de los cuales solo se utilizan 5 Mwatts para todo el complejo.

En adición a los servicios auxiliares, esta plataforma centraliza el monitoreo y control, tanto del complejo de inyección, como de las cinco plataformas satélites (N, P, Q, R y S).

Como se mencionó el proyecto inyección de agua emplea un "sistema de tratamiento cerrado", este sistema cuenta con una plataforma de tratamiento y bombeo (PTB), esta plataforma cuenta con el equipo necesario para el tratamiento y bombeo total de 1 mmbpd cuyo desarrollo es efectuado por las secciones de captación, filtración, desaeración y bombeo.

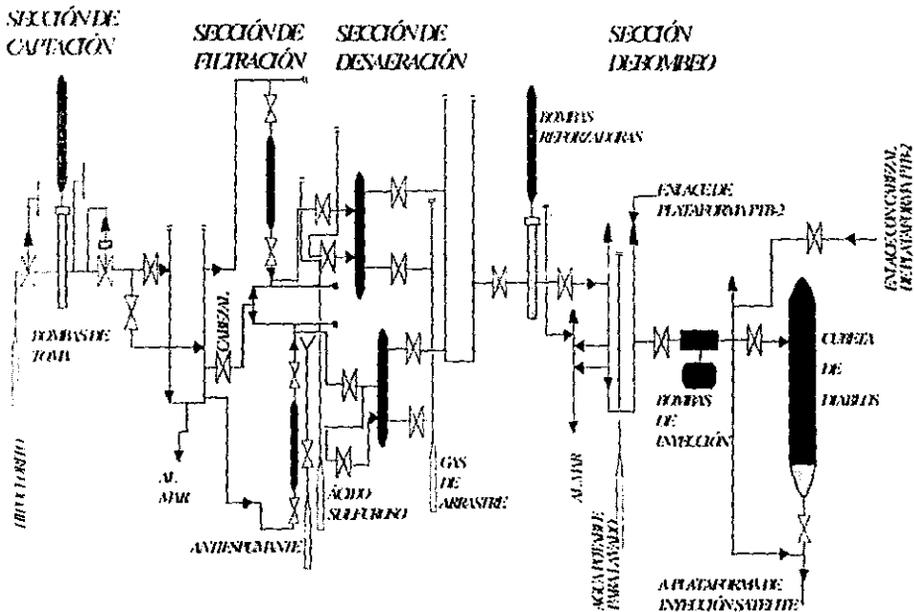
6.2 CONDICIONES ACTUALES DE PRODUCCIÓN

Las condiciones actuales de producción del proceso se explican a continuación, en cada una de las diferentes etapas que comprende el proceso.

SECCIÓN DE CAPTACIÓN

Esta sección cuenta con 8 bombas de toma (GA-9A/H), de las cuales tres operan continuamente para proporcionar el volumen de inyección de 380 mbpd y gasto necesario para efectuar el retrolavado de los filtros de cama. Estas bombas tienen una capacidad de 190 mbpd a una presión de 9 kg/cm² y accionadas por motor eléctrico de 900 hp.

PROCESO SELECCIONADO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL CEP



SECCIÓN DE FILTRACIÓN

Esta sección cuenta con 10 filtros de cama (FG31/ 35 A/B), el flujo normal de operación es de 125 mbpd a 6 kg/cm^2 , siendo suministrada a control de flujo a través del lecho filtrante; el cual expone una superficie de filtración de 27.9 m^2 .

Para el volumen de inyección de 380 mbpd que se maneja, tres filtros serían suficientes, pero la contaminación microbiológica por puntos muertos sería constante, por lo que se tienen en operación todos los filtros disponibles, dejando uno para retrolavado.

SECCIÓN DE DESAERACIÓN

Esta constituida por las torres de desaeración (DA-1A/D), con capacidad de 250 mbpd cada una.

SECCIÓN DE BOMBEO

La cual esta constituida por 5 bombas reforzadoras (GA-3A/E) y 4 bombas de inyección (GA-1A/B/D/E). Las bombas reforzadoras con capacidad individual de 250 mbpd.

6.3 PROBLEMÁTICA

La problemática actual que se tiene en el proceso de inyección de agua para poder llevar acabo la implantación del CEP es la falta de automatización para poder monitorear algunas variables de calidad del proceso. A continuación se van a mencionar las necesidades de automatización a la modernización del complejo de inyección de agua de Abkatun-N1.

Estas necesidades se dividen en 3 partes, de acuerdo a la plataforma en que se localiza, o bien si pertenece al S.C.D.

Necesidades del Sistema de Control Distribuido (S.C.D.).

- *Arranque/Paro de Motores.* El sistema de control distribuido no cuenta con los arranques y paro de motores de bombas principales del complejo.

- *Instrumentación Inteligente.* No cuenta con instrumentación inteligente por lo tanto no se tiene un monitoreo y control preciso de las variables del proceso.

Necesidades de la Plataforma de Control y Servicio (PCS).

- *Monitoreo de la Potabilizadora.* No se cuenta con la potabilizadora de osmosis inversa al monitoreo por parte del sistema de control distribuido.
- *Encendido del Sistema de Ácido Sulfuroso.* No se tiene en el sistema de control distribuido el tablero de encendido. Actualmente se opera a base de relevadores y temporizadores.
- *Control de Presión del Agua de Servicios.* Falta el control de presión del agua de servicios ya que únicamente tiene control local.
- *Transmisor de Temperatura en el Tanquè de Balance de la Endulzadora.* Hace falta un transmisor de temperatura en el tanque de balance de cada endulzadora en el complejo (se tienen 3 endulzadoras, se requiere un transmisor por cada tanque).
- *Monitoreo de Nivel en Tanques.* No se cuenta con el monitoreo del nivel para los tanques separadores de gas FA-400, FA-401, FA-402, FA-403 y FA-300 desde el sistema de control distribuido.
- *Transmisores de Presión.* Faltan instalar transmisores de presión en las líneas de gas combustible.
- *Medición de Nivel en Tanque de Agua Potable.* Falta la medición de nivel en el tanque de agua potable, ya que este tanque no tiene instrumentación para monitorearlo en forma continua.
- *Control de Temperatura.* No se cuenta con el control de temperatura del recuperador de calor, ya que este únicamente tiene control local, además falta el monitoreo del nivel del tanque.

Necesidades de la Plataforma de Tratamiento y Bombeo (PTB).

- *Transmisores de Presión para Succión de Bombas Reforzadoras.* Hacen falta transmisores de presión en la succión de cada una de las bombas reforzadoras (5 bombas).
- *Transmisores de Presión Diferencial para las Bombas Reforzadoras.* No se cuenta transmisores de presión diferencial en los conos de brujas o en la sección de filtros (Strainer) de cada una de las bombas reforzadoras (5 bombas).
- *Transmisores de Temperatura en la Descarga de las Bombas Reforzadoras.* Falta instalar un transmisor de temperatura en la descarga de cada una de las bombas reforzadoras (5 bombas).

- *Retrolavado de Filtros.* Falta automatizar mediante control automático el sistema de retrolavado de filtros de cama, mediante su incorporación al S.C.D.
- *Válvulas de los Filtros de Cama para el Retrolavado.* Hace falta adicionar mecanismos de retardo en las válvulas de los filtro de cama que intervienen en la acción del retrolavado, ya que son de tipo On/Off, a fin de que su apertura sea mas lenta con el objetivo de evitar golpes de ariete.
- *Inyección de Químicos.* No se cuenta con un Reacondicionamiento del sistema de inyección de químicos.
- *Totalizadores de Flujo.* Los totalizadores de flujo en la planta no totalizan, únicamente proporcionan el flujo instantáneo.
- *Dosificación de Químicos.* No se tiene Rehabilitada de la tubería, cableado e instrumentación de los tanques. Además hace falta añadir el monitoreo del nivel de reactivo. Los desplegados que ilustren a estos sistemas deberán incluir gráficos dinámicos.
- *Aire de Instrumentos.* Se cuenta con dos nuevos compresores de aire, los cuales están ubicados uno en PCS y otro en PTB. Hace falta adicionar al S.C.D. monitoreo de estos sistemas y sus respectivos gráficos.

Necesidades de las Plataformas Satélites.

- *Medición Analítica en Plataformas Satélite.* Falta añadir medición de oxígeno, PH y corrosión en las plataformas satélite de inyección.
- *Instrumentación Faltante en Satélites.* No se encuentra instalado el equipo de control para las plataformas de inyección Abkatun-R. Se requiere información de las cubetas de diablos.

Necesidades adicionales.

- * *Tubería Flexible.* El estado de la tubería eléctrica de los sistemas que se adicionarán al S.C.D. es aceptable, aunque en algunos instrumentos hace falta sustituirse el cople flexible, ya que se encuentra en mal estado. Esta situación deberá corregirse en los que se integren al S.C.D.
- * *Refaccionamiento.* No se cuenta con el refaccionamiento adecuado para el mantenimiento y/o corrección de fallas en el sistema, por lo que se requieren dos años de refaccionamiento para los controladores, sistema de I/O, equipos de computo, periféricos y sistema de comunicación (Especificar Partes).
- * *Paro de Emergencia.* El sistema de paro de emergencia se encuentra dentro del S.C.D. lo cual de acuerdo a la norma SP-84 (ISA) es incorrecto, además de no trabajar de acuerdo a lo esperado por el

personal de abordó, por lo que es necesaria la instalación de un sistema independiente que realice dichas funciones.

- * *Instrumentación Inteligente.* Falta la sustitución de la instrumentación actual por instrumentación de tipo inteligente en las readecuaciones que se realicen.
- * *DTI's.* Los DTI's no están actualizados, han cambiado varias líneas de flujo de proceso y el personal operativo plantea la reubicación de otras líneas.
- * *Válvulas del Complejo.* El cuerpo de la mayoría de las válvulas instaladas en este complejo son de acero al carbono, el cual no es resistente a una corrosión tan agresiva como la que se tiene en este complejo por lo que estas válvulas tienen una vida útil de uno a dos años máximo, de acuerdo a los comentarios realizados por el personal de mantenimiento.
- * *Unificación de los Modelos de las Válvulas y Actuadores.* Se tiene una gran variedad de modelos y marcas de válvulas y actuadores, por lo que se complica el mantenimiento ya que no se tiene un refaccionamiento adecuado para todas. El personal operativo sugiere la unificación de marca y modelo.

Todas las necesidades que se hicieron anteriormente son los problemas que tiene el sistema actual para poder monitorear y controlar las variables de calidad del Agua de Inyección. A continuación se dar a conocer la propuesta de Solución a la problemática actual que tiene del proceso de Inyección de Agua.

6.4 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN

La solución al problema de poder implantar el CEP en el complejo de inyección de agua es la modernización del sistema actual, así como una automatización de algunos componentes del proceso que no se encuentran actualmente automatizados. Por tal motivo se elaboró la siguiente propuesta de automatización por el Grupo de Ingeniería en Sistemas Electrónicos, basándose en las necesidades que se expusieron en el punto anterior. Para el levantamiento de las necesidades anteriormente mencionadas intervino el personal de las áreas de operación, mantenimiento y telecomunicaciones, de ambas guardias.

Antes de mencionar la propuesta de automatización de cada una de las diferentes plataformas, es necesario mencionar que habrá una consola de operación en cada uno de los cuartos de control de las plataformas PTB, y

PCS. Teniendo que considerar este sistema como existe, y partiendo de este punto, se considerara su integración con la propuesta de automatización de cada una de las plataformas.

El sistema que se tendrá que considerar como existente, actualmente se encuentra en proceso de actualización, consta de:

- Consola de operación en la plataforma PCS.
- Consola de operación en la plataforma PTB.
- Tres impresoras.
- Sistema de alimentación ininterrumpible.
- Estación de ingeniería.
- Módulo de enlace de comunicación con el equipo de radio.

En las plataformas periféricas:

- Instalación de una Unidad de Proceso Remoto por plataforma periférica, consideradas para ABK-R, ABK-S, ABK-Q y ABK-P.
- Instalación de instrumentación necesaria para la automatización, por cada plataforma periférica.
- Instalación de un arreglo de celdas solares y banco de baterías por plataforma periférica.
- Instalación de un equipo de radio comunicación base por cada plataforma periférica.

Las propuestas para cada una de las plataformas en particular son:

Plataforma de Control y Servicios (PCS)

1. *Nueva Tubería e Instrumentación en las Líneas de Gas Combustible.* Se deberán realizar cambios en las líneas de gas combustible, por lo que se adicionará nuevas tuberías e instrumentación a la plataforma de PCS, que requiere ser monitoreada y/o controlada desde el S.C.D.
2. *Reubicación de Líneas de Gas Combustible.* Es necesario reubicar líneas de gas combustible en esta plataforma.
3. *Unidades de Ingeniería en Medición de Nivel Tanque de Diesel.* La medición de nivel del tanque de diesel esta configurado en porcentaje, se deberá configurar que se muestre en unidades de ingeniería.

4. *Sensor de Medición de Nivel en Tanque de Diesel.* Se sugiere el cambio del transmisor de medición de nivel actual del tanque de diesel, por uno del tipo ultrasónico, con el fin de obtener una lectura más confiable.
5. *Vibración.* Se requiere visualizar la vibración de la turbina y del generador eléctrico de cada uno de los turbogeneradores.
6. *Temperatura.* Se requiere visualizar la temperatura que sensa el arnés de termopares a la salida de la turbina de alta presión de cada uno de los turbogeneradores.
7. *Presencia de Gas.* Se requiere visualizar una alarma en caso de que se detecte gas combustible en el compartimento de la turbina y compartimento del generador eléctrico de cada uno de los turbogeneradores.
8. *Partes por Millón de Gas Combustible.* Se requiere visualizar las partes por millón de ácido

Plataforma de Tratamiento y Bombeo (PTB).

1. *Corrección de los Medidores de Flujo.* Existen diferencias entre las mediciones del totalizador de flujo tradicional de la planta y el totalizador recientemente instalado.
2. *Corrección de Tomas de Presión en Captación.* Las tomas de presión para la medición de flujo en las bombas de captación están por encima del eje transversal respecto a la tubería (45 grados).
3. *Corrección de Tomas de Presión en Desaeradoras.* Las tomas de presión para la medición de flujo a los desaeradores están colocadas por la parte superior de la tubería para la entrada a los desaeradores A, C, D. En el caso de la tubería de suministro de agua de filtros a desaerador B una de las tomas entra por la parte superior de la tubería y la otra por la parte inferior.
4. *Corrección de la Soportería de tubería eléctrica.* Los soportes de la tubería eléctrica de los filtros de cama está en mal estado y/o se encuentra fuera de lugar. Esto se debe a que hace unos meses cuando se llevó a cabo la sustitución de la tornillería de toda la plataforma, la soportería no fue sujeta en su lugar nuevamente.
5. *Rehabilitación de un Turboinyector.* Se tiene un turboinyector fuera de operación desde hace dos años.
6. *Eliminar la Sección de Gas de Arrastre del S.C.D.* La sección de gas de arrastre de las desaeradoras está siendo desmantelada para el refaccionamiento de otras secciones. El personal de operación sugiere

su desmantelación total ya que esta sección no es operativamente funcional.

7. *Motores de las Bombas Reforzadas.* Recalcular válvula de las motobombas e incluir en el sistema de control distribuido
8. *Válvula de Agua de Bombas de Vacío.* Recalcular la válvula de agua de sellos a bombas de vacío.
9. *Instrumentación Analítica.* Actualización de los monitores de campo para el monitoreo de PH, cloro residual y oxígeno residual, ya que no existe refaccionamiento
10. *Medición de Flujo a la Salida de PTB.* Revisar diseño de los medidores de flujo ubicados a la en el cabezal de salida a inyección en satélites, ya que existen dos medidores de flujo que presentan diferencia en cuanto a la cantidad de flujo enviado (los medidores de flujo instalados en el arranque de la planta no compensan su medición por la temperatura).

Plataformas Periféricas.

1. *Rehabilitación de las Consolas.* Los consolas de todas las plataformas periféricas están fuera de operación.
2. *Reparar Fugas en los Cabezales de Llegada y Distribución.* Se deben corregir los cabezales de llegada y distribución en las plataformas satélites Abkatun-Q y Abkatun-P.
3. *Cambio de Válvula maestra.* La válvula maestra de un pozo de la plataforma satélite presenta un actuador neumático, se recomienda el cambio por uno de tipo hidráulico.

Cuando el lector concluya este capítulo tendrá una idea de que se trata el proceso de inyección de agua, así como también la problemática actual que se tiene en el proceso. En este capítulo se plantea la propuesta de solución que se propuso a PEMEX por parte del Grupo de Sistema Electrónicos de acuerdo a las necesidades que se tienen actualmente. Como resultó más costoso modernizarlo el sistema actual se optó por cambiarlo, en capítulo 4 se da los requerimientos técnicos de Hardware, Software y Comunicación con que debe cumplir el nuevo Sistema de Control Distribuido.

CAP. VII APLICACIÓN DEL CEP EN EL ÁREA ESTABLECIDA

7.1 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL CEP EN EL COMPLEJO ABK - N1

La metodología a seguir para implementar el CEP en el complejo de ABK - N1 a petición de PEMEX es la que a continuación se muestra.

Se debe tener un involucramiento a fondo en el proceso, se deberá capacitar al personal y se le deberá responsabilizar en el mejoramiento y perfeccionamiento para las demás partes constituidas de la planta.

Para poder implantar el CEP se debe contar con un equipo, es necesario tener una computadora que cuente con el software que sirva para poder implantar el CEP, estas características técnicas dependen de cada uno de los fabricantes de los software de CEP, estos softwares se mostraron en el capítulo 5, en la tabla comparativa de los fabricantes más importantes de software comercial de CEP, el software del CEP debe tener las siguientes características, debe incluir las siguientes herramientas como mínimo:

- a) Hoja de registro o formato de verificación.
- b) Diagrama de Pareto.
- c) Diagramas de causa y efecto.
- d) Histograma de frecuencias.
- e) Gráficas de control por variables X-R o X-S.
- f) Prueba de normalidad Anderson-Darling.
- g) Cálculo de la habilidad del proceso.

Este software debe operar tanto en línea, como fuera de línea, teniendo enlace directo con la base de datos del sistema, para la actualización automática de valores de las muestras. También debe permitir la visualización gráfica e impresión de resultados desde la impresora de reportes.

A petición de PEMEX se deben configurar siete gráficas de control X-R o S-R para las variables en el agua de salida de la plataforma: ph, oxígeno, turbidez, hipoclorito, bacterias, velocidad de corrosión y flujo. La actualización de valores de las muestras podrá ser automática o manual, es decir, podrá ser tomada desde la base de datos en tiempo real, o introducida por el operador desde el teclado de la estación de operación/ingeniería.

A continuación se muestran los límites de especificación de las variables de calidad del Agua de Inyección del proceso seleccionado. Estos límites fueron proporcionados por personal de operación del proceso. Estos límites sirven para determinar si el proceso se encuentra fuera de control o no y así poder predecir un diagnóstico seguro de las condiciones de producción del proceso. Pero este estudio se deja a cargo de personal de operación del proceso y también personal de la superintendencia que conozcan el proceso y el CEP para poderlo aplicar en forma óptima.

- Ph (6.8 a 7.2)
- Velocidad de Corrosión (Normal 0.5 (milesima por año) (mpy))
- Flujo (Normal 230 mbd)
- Turbidez (0 o 2 ntu)
- Hipoclorito (Normal 3 ppm)
- Oxígeno (Normal 5 a 6 ppm a la salida de o de 1 ppb)
- Bacterias (800 colonias por mililitros)

A solicitud de Petróleos Mexicanos se deben configurar los formatos de verificación para el registro catorcenal de las causas de los disparos de cada uno de los módulos de turbo bombas y turbo generadores del complejo de inyección de agua. A continuación se muestran los disparos de los tubo bombas y turbo generadores.

Los disparos de las turbo bombas se clasifican en los siguientes módulos:

1. Para generar el indicativo de falla general antes de arranque.
 - Falla bajo voltaje de batería.
 - Baja presión de combustible.
 - Baja presión de succión bomba centrífuga.
 - Alta temperatura de carcaza de la bomba.
 - Alta temperatura de cojinete libre.
 - Alta temperatura de cojinete cople.
 - Contactor térmico motor de arranque.
 - Contactor térmico motor del presurizador.
 - Falla de energía.
 - Disparo por sobrevelocidad de la turbina de gas.
 - Alarma sobrevelocidad de la turbina de gas.
 - Velocidad de turbina de gas fuera de rango antes del arranque.
2. Para determinar las fallas durante operación.

- Baja presión de combustible.
 - Alta temperatura en carcasa de la bomba.
 - Alta temperatura en cojinete libre.
 - Alta temperatura en cojinete cople.
 - Contactor térmico motor de arranque.
 - Contactor térmico motor del presurizador.
 - Contactor térmico motor del enfriador remoto.
 - Botón de paro de emergencia accionado.
 - Bajo voltaje de baterías.
 - Baja presión de succión de bombas.
 - Falla de energía.
 - Sobrevelocidad turbina de gas.
3. Para determinar las fallas de arranque.
- Falla por baja presión de lubricación en turbina.
 - Falla por baja presión de lubricación en bomba.
 - Falla de aceleración en turbina de potencia, con velocidad < 1500 RPM en $t > 2$ min.
 - Falla de aceleración del compresor.
 - Falla sobre presión servo a gobernador.
 - Falla presión purga motor de arranque.
 - Falla detector de flama.
 - Falla presión servo psw-4 a 30 PSI.
 - Velocidad de bomba ≤ 1500 RPM y temperatura de turbina de potencia ≥ 600 °C.
 - Disparo por mezcla explosiva 50% LEL.
 - Disparo por extinción de fuego.
 - Disparo por alta temperatura en contenedor.

Los disparos de las turbo generadores se clasifican en los siguientes módulos:

1. Para generar el indicativo de falla general antes de arranque.
- Falla bajo voltaje de batería.
 - Baja presión de combustible.
 - Alta temperatura en estator del generador.
 - Alta temperatura chumacera lado cople generador.
 - Alta temperatura chumacera lado libre generador.
 - Contactor térmico motor de arranque.

- Contactor térmico motor del presurizador.
- Falla de energía.
- Disparo por sobrevelocidad de la turbina de gas.
- Alarma sobrevelocidad de la turbina de gas.
- Velocidad de turbina de gas fuera de rango antes del arranque.
- Alta presión de gas de arranque.

2. Para determinar las fallas durante operación.

- Baja presión de combustible.
- Alta temperatura chumacera lado cople generador.
- Alta temperatura chumacera lado libre generador.
- Contactor térmico motor de arranque.
- Contactor térmico motor del presurizador.
- Contactor térmico motor del enfriador remoto.
- Botón de paro de emergencia accionado.
- Bajo voltaje de baterías.
- Baja presión aceite de caja de engranes
- Falla de energía.
- Sobrevelocidad turbina de gas.

3. Para determinar las fallas de arranque.

- Falla por baja presión de lubricación en turbina.
- Baja presión aceite en turbina.
- Baja velocidad en turbina.
- Falla sobre presión de combustible líquido.
- Falla presión purga motor de arranque.
- Disparo por extinción de fuego.
- Disparo por alta temperatura en contenedor.
- Alta vibración del generador eléctrico.
- Persianas de generador cerradas.
- Bajo nivel tanque aceite lubricante.

Así como también se va hacer el monitoreo de datos en tiempo real del proceso por medio del SCD que se menciona en el capítulo IV, a través de una interfaz de operación que va a hacer la Hombre-Máquina, así como también debemos recordar que algunos softwares comerciales de CEP no necesitan de una interfaz de operación para poder llevar a cabo el CEP.

7.2 PROPUESTA DE APLICACIÓN

Debido a la problemática actual de automatización que se menciona en el capítulo 6 para poder implantar el CEP en el proceso de Inyección de Agua, el Grupo de Ingeniería en Sistemas Electrónicos (GISE) Perteneciente a la Gerencia de geofísica de Explotación del Instituto Mexicano del Petróleo, esta definiendo los requerimientos mínimos necesarios para implantar el CEP en el proceso de Inyección de Agua y los demás procesos de producción de hidrocarburos con el objetivo de optimizarlos.

La propuesta para la aplicación de este trabajo es constatar que con los requerimientos mínimos propuestos por GISE para implantar el CEP en el proceso de Inyección de Agua, así como los demás procesos de producción de hidrocarburos. La aplicación que se va a elaborar es la de poder plantear los requerimientos mínimos para controlar estadísticamente los principales variables de calidad que intervienen en el proceso de recuperación secundaria de hidrocarburos, basado en la inyección de agua del complejo ABK-N1 de PEMEX. Debido a que no podemos traer el proceso físicamente al laboratorio ni realizar pruebas en tiempo real en plataforma por costos de producción, se simulará esta aplicación en el laboratorio de Investigación Aplicada en Automatización y Control del Grupo de Sistemas Electrónicos del Instituto Mexicano del Petróleo.

Este laboratorio tiene como objetivo la evaluación de los diferentes de fabricantes de equipos de automatización que existen en el mercado. Este laboratorio cuenta con equipos de seguridad industrial, PLC's, instrumentación inteligente, interfaces de operación, módulos de adquisición de datos, así como los diferentes equipos de cómputo para poder realizar pruebas de simulación de procesos. A continuación se va a explicar la metodología que se utilizó para realizar la simulación de la aplicación.

7.3 SIMULACIÓN DE LA APLICACIÓN

Para llevar a cabo la simulación de la aplicación de este trabajo se siguió la siguiente metodología.

Primeramente con los requerimientos técnicos planteados con anterioridad se dice que es necesario contar con una computadora que cuente con el software del CEP, el software que se va a utilizar para realizar las pruebas de evaluación de los requerimientos para implantación del CEP en el procesos de Inyección de Agua es el Supercep de la compañía

Ingeniería Auxiliar, para una mayor información de las principales características técnicas del Supercep consultar el Capítulo 5. Si desea saber como se configura el Supercep con mayor claridad checar el Apéndice.

El software se encuentra corriendo en Windows 95 en el equipo de computo, por otra parte fue construida una base de datos en Excel que contendrá datos del proceso seleccionado simulando la base de datos del Sistema de Control Distribuido, la base de datos que se creo se muestra en la figura 7.1.

Posteriormente que se construyó la base de datos del proceso se procedió a verificar que se podía transferir información de la base de datos al Supercep. Para constatar esto se llevó a cabo el siguiente procedimiento.

	A	B	C	D	F	G	H	I
1	PH	Velocidad de corrosión	Turbidez	Hipoclorito	Bacterias	Flujo	Oxigeno	
2	6.7	0.5	0	3.1	800	232	4.9	
3	6.31	0.6	0.1	3.2	801	235	5	
4	6.32	0.55	0.4	3.3	799	240	5.2	
5	7.34	0.67	1	3.1	795	243	6.01	
6	6.54	0.56	1.5	3	803	234	4.95	
7	6.31	0.57	2	2.1	806	237	4.97	
8	7.23	0.61	2.41	2.16	807	230	4.8	
9	7.1	0.7	0.2	2.15	810	244	5.1	
10	6.55	0.49	0.3	2.17	816	237	5.5	
11	6.32	0.51	1.2	3.16	790	245	5.53	
12	7.32	0.54	1.7	3.01	784	233	6	
13	6.65	0.55	0.11	3.07	820	241	6.1	
14	6.53	0.53	0.13	3.18	796	244	6.23	
15	7.33	0.57	2.1	3.16	818	245	4.98	
16	6.8	0.6	0.15	2.9	794	255	5.13	
17	6.75	0.65	0.12	3.11	793	222	5.12	
18	7.01	0.68	0.16	2.18	811	225	5.14	
19	7	0.69	0	2.99	821	250	5.16	
20	6.9	0.7	0.19	2.98	801	245	5.57	
21	6.79	0.51	0.14	2.89	810	235	5.58	
22	6.97	0.56	1.1	2.85	814	237	6.01	
23	6.33	0.57	1.16	2.86	820	239	5.75	
24	6.37	0.59	1.19	3.01	816	241	6.07	

FIGURA 7.1.

Para transferencia de información a la base de datos que se encuentra en Excel al Supercep se realiza el siguiente procedimiento se selecciona la información de la base de datos que deseamos transferir al Supercep se realiza la función Ctrl + C, y posteriormente se abre el software de Control Estadístico de Proceso, seleccionamos la opción llamada Datos que aparece en el menú principal de esta, al presionar esta se despliega la pantalla que se muestra en la figura 7.2. Dentro de esta aparece la opción llamada Importa portapapeles se presiona y se exhibirá la pantalla de la figura 7.3.

SuperCEP Windows v.1.5.53 SCW3 1500/I SUPERCEP.SA DE CV (DEMO)

Configura Gráficas Reportes Datos Ayuda

Usuario: OP : Operador del Sistema
 Estación: 01: PLANTA
 Método: TUR : turbo bombas

Importa Portapapeles
 Importa Archivo SuperCEP
 Exporta Archivo Externo
 Respaldo Archivo SuperCEP

GUA
 Redadas Fisicoquímicas

#	Fecha	Hora	T	Operador	Copia Columna SuperCEP				MI	TU	PH	VC
7	19981107	1048	1	SUPER	244.000	810.000	5.10	2.160	2.410	6.81	0.610	
8	19981107	1048	1	SUPER	237.000	816.000	5.50	2.150	0.200	7.23	0.700	
9	19981107	1048	1	SUPER	246.000	790.000	5.53	2.170	0.300	7.10	0.490	
10	19981107	1048	1	SUPER	246.000	790.000	5.53	3.160	1.200	6.86	0.510	
11	19981107	1053	1	OS	233.000	794.000	6.00	3.010	1.700	6.82	0.540	
12	19981107	1537	2	VA	241.000	820.000	6.10	3.070	0.110	7.21	0.550	
13	19981111	1054	1	SUPER	244.000	796.000	6.23	3.180	0.130	6.85	0.530	
14	19981111	1054	1	SUPER	245.000	810.000	4.98	3.160	2.100	6.88	0.570	
15	19981111	1054	1	SUPER	255.000	794.000	5.13	2.900	0.150	7.11	0.600	
16	19981111	1054	1	SUPER	222.000	793.000	5.12	3.110	0.120	6.80	0.650	
17	19981117	0735	1	OP	225.000	811.000	5.14	2.180	0.160	6.75	0.680	
18	19981117	0739	1	OP	250.000	821.000	5.16	2.990	0.000	7.05	0.690	
19	19981117	0739	1	OP	245.000	801.000	5.57	2.980	0.190	7.00	0.700	
20	19981117	0739	1	OP	236.000	810.000	5.58	2.890	0.140	6.90	0.510	
21	19981117	0739	1	OP	237.000	814.000	6.01	2.850	1.100	6.79	0.560	
22	19981117	0739	1	OP	239.000	820.000	5.75	2.860	1.160	6.97	0.570	
23	19981117	0739	1	OP	241.000	816.000	6.07	3.010	1.190	6.98	0.590	
24	19981117	0739	1	OP	245.000	824.000	6.09	3.030	2.010	6.87	0.640	
25	19981117	0739	1	OP	240.000	811.000	6.07	2.960	1.890	7.17	0.670	
26	19981117	0739	1	OP	243.000	798.000	5.56	3.020	1.870	7.30	0.680	
27	19981117	0739	1	OP	232.000	799.000	5.78	3.100	1.830	7.33	0.730	
28	19981117	0739	1	OP	231.000	820.000	6.20	2.900	1.800	7.01	0.560	
29	19981117	0739	1	OP	237.000	824.000	6.23	2.840	1.910	7.17	0.530	
30	19981117	0739	1	OP	238.000	823.00	5.74	2.848	0.143	7.11	0.531	

1 0. Fijo [245 ...]
 M ...

Figura 7.2.

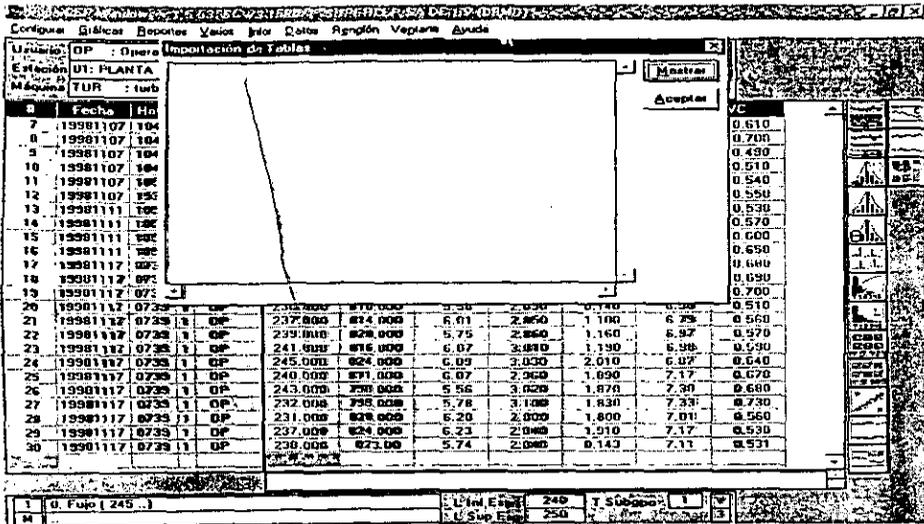


Figura 7.3.

Después se presiona la tecla titulada Mostrar, se muestra la información que se transfirió de la base de datos de Excel a Supercep. La pantalla que se mostró fue la que aparece en la figura 7.4.

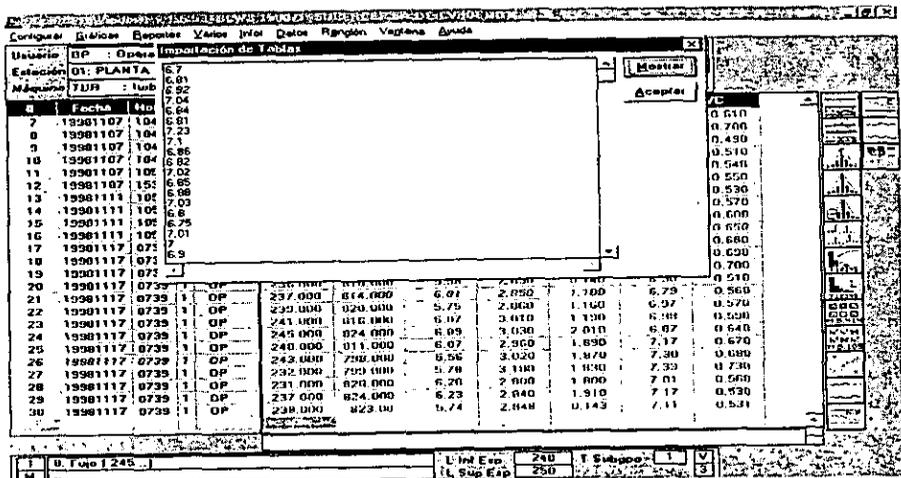


Figura 7.4.

Ya que se tiene la información en el Supercep se selecciona la columna, las columnas o las celdas donde se va insertar la información. La información que contiene la base de datos que se creo fue transferida al Supercep llevando a cabo el procedimiento que anteriormente se mencionó.

La hoja de datos de datos de Supercep después que se transfirió la información quedó como se muestra en la figura 7.5. Hay que recordar que la propuesta tiene como principal objetivo probar los requerimientos que se propusieron anteriormente son los necesarios para implantar el CEP en el proceso de Inyección de Agua y en general en cualquier proceso de producción de hidrocarburos.

SuperCEP Windows v.1.5 53 SCW3 1500/1 SUPERCEP.SA DE CV (DEMO)

Contenido Gráficas Reportes Datos Inj Datos Rangón Vegetano Ayuda

Usuario	OP : Operador del Sistema	Producto	AGU : AGUA
Estación	01: PLANTA	Formato	PFQ : Propiedades Fisicoquímicas
Máquina	TUR : tubo bombas		

#	Fecha	Nota	Operador	FL	BA	DX	HI	FU	PH	VC
7	19981107	1048	1 SUPER	230.000	807.000	4.80	2.160	2.410	6.81	0.610
8	19981107	1048	1 SUPER	244.000	810.000	5.10	2.150	0.200	7.23	0.700
9	19981107	1048	1 SUPER	237.000	816.000	5.50	2.170	0.300	7.10	0.490
10	19981107	1048	1 SUPER	246.000	790.000	5.53	3.160	1.200	6.86	0.510
11	19981107	1053	1 OS	233.000	794.000	6.00	3.010	1.700	6.82	0.540
12	19981107	1537	2 VA	241.000	820.000	6.10	3.070	0.110	7.21	0.550
13	19981111	1054	1 SUPER	244.000	796.000	6.23	3.180	0.130	6.85	0.530
14	19981111	1054	1 SUPER	245.000	818.000	4.98	3.160	2.100	6.88	0.570
15	19981111	1054	1 SUPER	255.000	794.000	5.13	2.900	0.150	7.11	0.600
16	19981111	1054	1 SUPER	222.000	793.000	5.12	3.110	0.120	6.80	0.650
17	19981117	0739	1 OP	225.000	811.000	5.14	2.180	0.160	6.75	0.680
18	19981117	0739	1 OP	250.000	821.000	5.16	2.990	0.000	7.05	0.690
19	19981117	0739	1 OP	245.000	801.000	5.57	2.980	0.190	7.00	0.700
20	19981117	0739	1 OP	236.000	810.000	5.50	2.890	0.140	6.90	0.510
21	19981117	0739	1 OP	237.000	814.000	6.01	2.850	1.100	6.79	0.560
22	19981117	0739	1 OP	239.000	820.000	5.75	2.860	1.160	6.97	0.570
23	19981117	0739	1 OP	241.000	816.000	6.07	3.010	1.190	6.98	0.590
24	19981117	0739	1 OP	245.000	824.000	6.09	3.030	2.010	6.87	0.640
25	19981117	0739	1 OP	240.000	811.000	6.07	2.960	1.890	7.17	0.670
26	19981117	0739	1 OP	243.000	798.000	5.56	3.020	1.870	7.30	0.680
27	19981117	0739	1 OP	232.000	799.000	5.78	3.100	1.830	7.33	0.730
28	19981117	0739	1 OP	231.000	820.000	6.20	2.800	1.800	7.01	0.560
29	19981117	0739	1 OP	237.000	824.000	6.23	2.840	1.910	7.17	0.530
30	19981117	0739	1 OP	238.000	823.000	5.74	2.848	0.143	7.11	0.531

1 B. Faja (245) 6. Inf. Esp. 240 1 Subgr. 1 V

M 7. Sup. Esp. 250 2 3

Figura 7.5.

Al tener ya toda la información se procede a la elaboración de las gráficas, reportes, bitácoras estadísticas con que cuenta el Supercep. Hay que recordar que la selección del fabricante de software del CEP se elige de acuerdo a las necesidades que se tienen un proceso determinado, aquí el objetivo no era seleccionar el Software sino dar a conocer las características técnicas de los software comerciales de CEP. Así como también establecer

los requerimientos mínimos necesarios para poder implantar el CEP en cualquier proceso de producción petrolera.

7.4 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para presentar los resultados obtenidos se van presentar algunas gráficas del Supercep con el objeto de poder verificar la prueba.

Para poder ver los resultados de la metodología que se realizó en el punto anterior se muestran algunas gráficas estadísticas utilizando los datos de la variable de calidad Ph. Se pudo utilizar cualquier otra variable de calidad del proceso, porque el objetivo principal de este trabajo fue plantear los requerimientos mínimos para implantar el CEP. A continuación como una forma de poder sustentar la información que se explicó con anterioridad se realizaron algunas gráficas estadísticas que contiene el Supercep.

En la figura 7.6 se muestra una gráfica de control X-R o I-Rm.

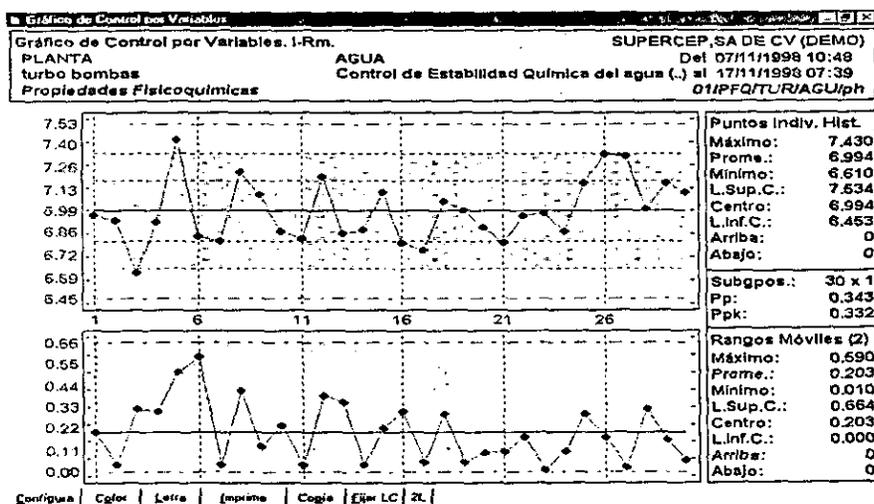


Figura 7.6.

En la figura 7.7 se muestra el estudio de normalidad del proceso que hace el Supercep utilizando la prueba de la normalidad de Anderson-Darling.

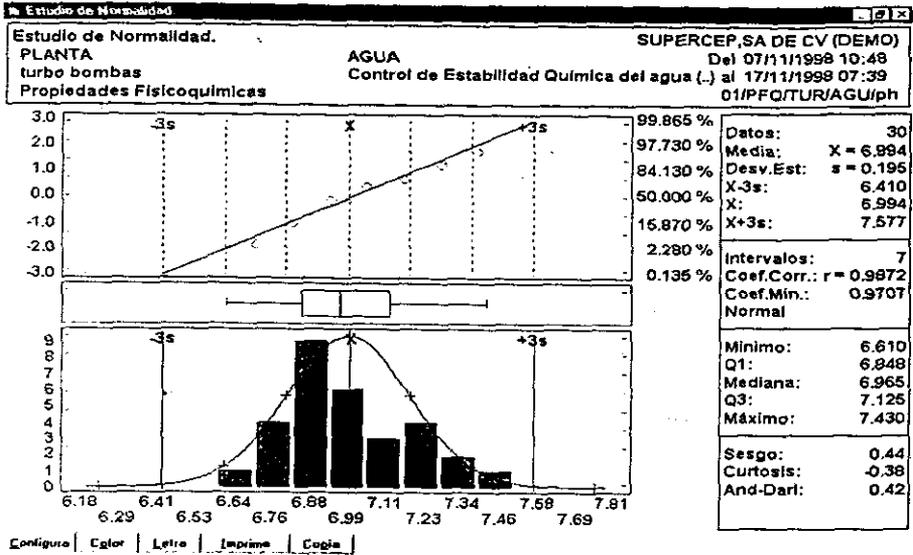


Figura 7.7.

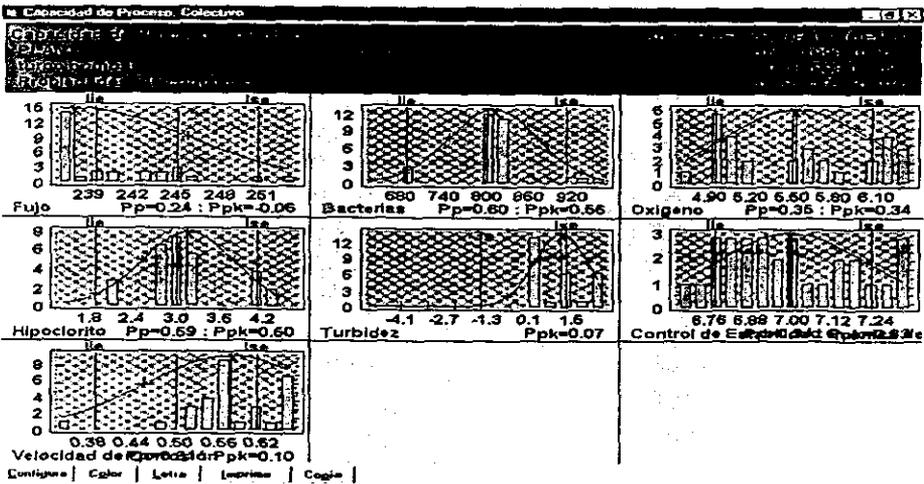


Figura 7.8.

En la figura 7.8 se exhiben las gráficas de todas las características de calidad que se consideraron en el proceso de inyección de Agua. Esta

gráfica se realiza en el software para poder conocer la capacidad del proceso.

En la figura 7.9 se muestra la gráfica para el cálculo de habilidad del proceso que hace el Supercep. Por ultimo se exhibe el reporte de la hoja de datos que emite el Supercep. Esta se muestra en la figura 7.10.

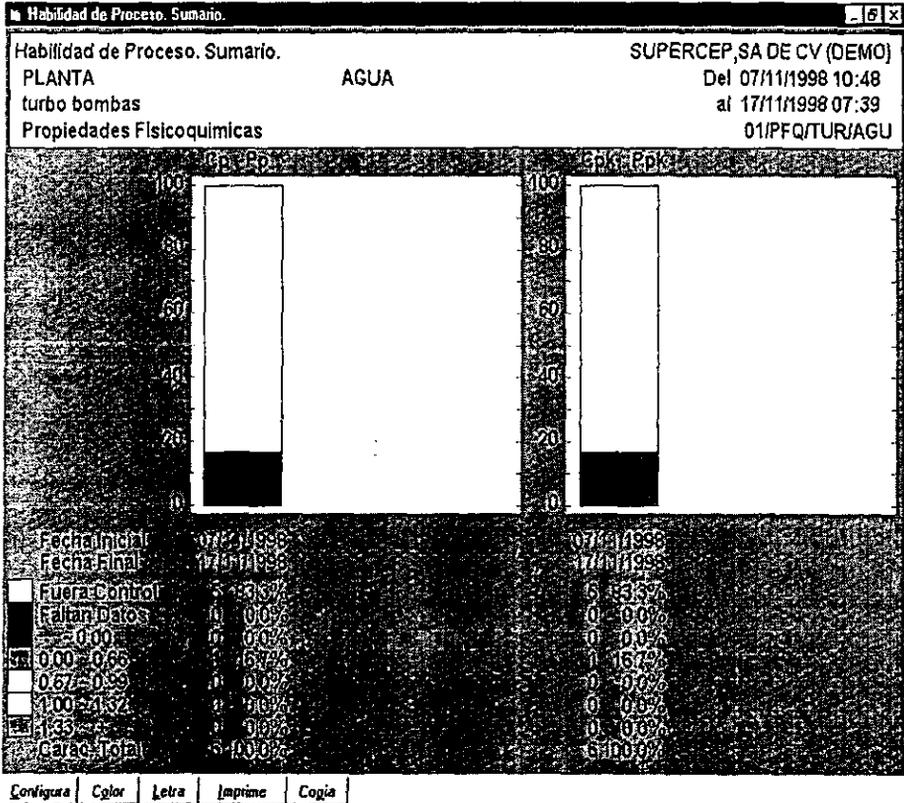


Figura 7.9.

Las gráficas mostradas anteriormente son algunas que vienen en la propuesta del software de CEP para el proceso de Inyección de Agua. No son todas las gráficas de la propuesta debido a que el Supercep no cuenta con la elaboración de todas las gráficas que considera la propuesta. El análisis estadístico utilizando las herramientas del CEP no se llevo a cabo debido a que este requiere conocer más a fondo el proceso y además saber aplicar las herramientas del CEP. Así como también que todo el personal que integra la planta se desempeñe en forma optima. Para que el personal de la planta se desempeñe de una manera satisfactoria su tarea que le corresponde del CEP a realizar se deberá capacitar y concientizar.

CONCLUSIONES

Primeramente se puede concluir en este trabajo que el Sistema de Control Distribuido propuesto en el capítulo IV se está llevando a cabo su licitación para el complejo de inyección de agua de Abkatun-N1, sin ninguna modificación que se haya hecho a lo planteado en este trabajo. Se puede concluir que con esta propuesta se va llevar a cabo la automatización del complejo y por lo tanto se implantará el CEP. Ya implantado el CEP con éxito a petición de PEMEX se pretende a futuro crear un sistema experto que pueda realimentar al proceso acciones de control y monitoreo en tiempo real de forma rápida y óptima, es por eso la importancia de este trabajo para dar un paso sólido a ese proyecto.

Por otra parte se obtuvieron resultados satisfactorios a cerca del objetivo que era el plantamiento de los requerimientos mínimos para controlar estadísticamente los principales variables de calidad que intervienen en un proceso de recuperación secundaria de crudo basado en agua y así como también el alcance que era establecer los requerimientos mínimos para la implantación del Control Estadístico de procesos en un proceso de recuperación secundaria de hidrocarburos basado en inyección de agua, empleando un Sistema de Control Distribuido.

Los puntos que podemos concluir a cerca del trabajo. Poder elaborar de una forma rápida un diagnóstico seguro a cerca de la producción de hidrocarburos con la implantación del CEP. Este trabajo sirve para dar a conocer lo indispensable que es implantar el CEP en cualquier proceso industrial para optimizarlo y así poder tener una producción excelente.

Reducir costos de producción empleando el Control Estadístico de Procesos en la producción de hidrocarburos. Optimizar procesos de producción de hidrocarburos implantando el Control Estadístico de Procesos. Otro punto a concluir es que en los países desarrollados se han obtenido resultados satisfactorios con la implantación del CEP en sus procesos. Para finalizar según el estudio realizado en este trabajo se debe implantar el CEP en cualquier proceso de producción petrolera para optimizarlo.

APENDICE

CONFIGURACIÓN DEL SUPERCEP

Este es un pequeño manual que da los pasos básicos que se siguen para configurar el Supercep.

Para poder comenzar a trabajar con este software primeramente se tiene que ir directamente al programa SCONFIG. EXE ubicado en el directorio de instalación. Al presionar este programa aparecerá la pantalla que se muestra en la figura 1.

SuperCEP v.1.5.53. Configuración. [X]

Usuario Producto

Estación Formato

Máquina Car y Fc

Catálogo Listado

	Clave (6)	Nombre (30)	Gráficas y Reportes (40)
*			

Figura 1.

La figura 1 nos muestra la pantalla de configuración del Supercep. En esta se configuran las siguientes características:

SuperCEP v.1.5.53. Configuración. [X]

Usuario: Producto:
 Estación: Formato:
 Máquina: Car x Pro:

Catálogo

Clave (6)	Nombre (30)	Gráficas y Reportes (40)
OP	Operador del Sistema	1001
*		

Figura 2.

- Usuarios.** Estas son las personas que requieren tener acceso al sistema, deberán tener una clave y contraseña registrada en este catálogo para que puedan trabajar. La clave y la contraseña deben de constar máximo de seis caracteres, estos caracteres deben de ser letras sólo letras mayúsculas o números sin espacio. Al terminar de introducir la clave del Usuario y el nombre del Usuario que consta máximo de 30 caracteres continúe introduciendo la Estación al Usuario, estos caracteres también tienen las mismas características que los anteriormente mencionados. La pantalla que se desplegará para introducir el nombre del Usuario es como la que se muestra en la figura 2.

Para configurar los derechos, gráficas y reportes de cada usuario, oprima el botón de la izquierda titulado Usuario y se desplegará la pantalla que se muestra en la figura 3.

Cuando termine de introducir todos los derechos, gráficas y reportes, oprima el botón titulado **Aceptar** para terminar la configuración del usuario.

Datos del Usuario

Clave (6)

Nombre (30)

Contraseña (6)

Gráficas y Reportes

- Gráfica X-R
- Gráfica X-S
- Estudio Normalidad
- Histograma
- Histograma Contenido
- Histograma Colectivo
- Diagrama de Pareto
- Diag. Libre de Pareto
- Muestreo 414
- Muestreo 105D
- Regresión Lineal
- Gráfica P
- Gráfica nP
- Gráfica C
- Gráfica U
- Sumario Habilidad
- Hoja de Datos
- Media, Desv. y Rango
- Certificados
- Bifécoras
- Defectos
- Habilidad

Derechos

- Configurar
- Menú Varios
- Menú Reportes
- Mov. Vertical
- Borrar
- Capturar
- Camb.Producto
- Conf.Gráficas
- Tiempo Real
- Imprimir
- Conf.Usuarios

Posiciones de Captura

Inicial Final

Figura 3.

- **Estación.** Una estación es un área física de trabajo donde se elabora e inspecciona el producto, insumo, componente, etc., dentro de la empresa, y a la cual se le asigna una clave única (Ej. PLanta, REcibo de materiales, INyección, PRensas, ENSamble, etc.).

En esta opción se le indica al sistema la ubicación de cada usuario de acuerdo a la Estación de trabajo donde labora, con el objeto de que puedan tener acceso y analizar la información de su área o departamento. Un mismo Usuario puede acceder a varias Estaciones. Para introducir una nueva Estación aparece la pantalla que se muestra en la figura 4.

Para introducir la Estación escriba una clave de Estación utilizando solo letras mayúsculas o números sin espacios. La clave puede tener un máximo de 2 caracteres. Posteriormente escriba el nombre de la estación con un máximo de 30 caracteres. Al terminar de introducir la

clave y el nombre de Estación continúe para introducir la Máquina a la Estación.

SuperCEP v.1.5.53. Configuración

Usuario: OP : Operador del Sistema Producto: _____

Estación: 01: PLANTA Formato: _____

Máquina: _____ Dir. x. Fila: _____

Catálogo		Listado	
Clave (2)	Estación (30)	OP : Operador del Sistema	
▶ 01	PLANTA	▶ Estación	
* 01	PLANTA	▶ 01 PLANTA	

Figura 4.

- **Máquinas.** Todas las líneas de producción, máquinas, procesos o áreas más específicas de trabajo e incluso proveedores, responsables de la producción o el abastecimiento de cualquier parte, producto, insumo, etc., se registran en este catálogo con una clave.

Para cada Estación de trabajo dada de alta, se deberá indicar todas las máquinas, líneas de producción, áreas de trabajo más específicas, procesos e incluso proveedores que la integran o abastecen de esta última. Para introducir la Máquina a la Estación se desplegará la pantalla que se muestra en la figura 5.

Para registrar una nueva máquina a la Estación. Escriba una clave de Máquina utilizando solo letras mayúsculas o números sin espacios. La clave puede tener un máximo de 8 caracteres. El nombre de la Máquina

debe de constar de un máximo de 30 caracteres. Al terminar de introducir la Máquina continúe con el Producto.

SuperCEP v.1.5.93. Configuración.

Usuario: Producto:
 Estación: Formato:
 Máquina: Caracteres:

Catálogo		Listado	01: PLANTA		Listado
Clave (8)	Máquina (30)		Clave	Máquina	
▶ TUR	turbo bombas		▶ TUR	turbo bombas	
#					

Figura 5.

- Producto.** Cada producto en general, llámese insumo, parte, subensamble, componente, proceso, etc., que se desee medir u obtener algún dato o registro, deberá ser dado de alta en este catálogo a través de una clave. En esta opción se deberá indicarle al sistema las partes o productos que se generan en una máquina, línea de producción, etc., de manera que al momento de solicitar la clave de una máquina, el sistema sólo permita trabajar sobre los productos que efectivamente se producen o se analizan en dicha máquina, el caso anterior es similar al de una línea de producción e incluso para proveedores.

Para introducir el Producto desplegará la pantalla que se muestra en la figura 6.

OP : Operador del Sistema	Producto	AGU : AGUA
Estación 01: PLANTA	Formato	
Máquina TUR : turbo bombas	Serv Pro	
Catálogo	Listado	TUR : turbo bombas
Listado	Listado	

Clave (10)	Producto (40)	Clave	Producto
▶ AGU	AGUA	▶ AGU	AGUA
*:			

Figura 6.

Para registrar un nuevo producto escriba una clave de Producto utilizando solo letras mayúsculas o números sin espacios. La clave puede tener máximo de 10 caracteres. El nombre del Producto debe constar con un máximo de 40 caracteres. Al terminar de registrar el Producto continúe con el Formato.

- **Formato.** Las características de calidad que se evalúan a un producto, insumo, etc., deberán estar comprendidas o agrupadas en una hoja o pantalla de inspección denominada Formato; en esta opción se da de alta la clave para uno o varios formatos. Son las hojas de datos que pueden utilizarse para la inspección de un determinado producto. Para registrar el Formato al Producto se desplegará la pantalla que se muestra en la figura 7. Escriba una clave de Formato utilizando solo letras mayúsculas o números sin espacios. La clave puede tener un máximo de 6 caracteres. El nombre del formato debe de constar de un máximo de 30 caracteres.

OP : Operador del Sistema	Producto	AGU : AGUA	
Estación	01: PLANTA	Formato	DIS : DISPAROS GRAL. ARRAN.
Máquina	TUR : turbo bombas	Car. P :	
Catálogo	Listado	AGU : AGUA	Listado
Clave (6)	Formato (30)	Clave	Formato
▶ DIS	DISPAROS GRAL. ARRAN.	▶ DIS	DISPAROS GRAL. ARRAN.
*			

Figura 7.

- *Car x Pro (Característica del Producto)*. Característica del Producto se define como la variable que se requiere medir o inspeccionar visualmente para cualquier producto, cada una de ellas se registran mediante una clave en este catálogo. Aquí se incorporan las características de calidad como columnas de una hoja o formato de inspección de acuerdo a un orden o posición que se desea tengan en la pantalla de captura.

En esta opción se relaciona una a una las características que se miden o inspeccionan a un producto, insumo, etc., a partir de la pantalla que se muestra en la figura 8, usted podrá configurar las características del Producto.

Coloque el cursor sobre el renglón correspondiente de la tabla del lado derecho. El campo Car x Pro mostrará la clave de la característica. Oprima el botón Car x Pro para mostrar la pantalla de configuración de Características del Producto que es la que se muestra en la figura 9. En esta pantalla el sistema solicita datos técnicos de dichas características, tales como límites de especificación, tamaño de lote o subgrupo, decimales, tipo de captura (manual o a través de un equipo o instrumento), entre otros.

SuperCEP v.1.5.53. Configuración.

OP : Operador del Sistema Producto : AGU : AGUA

Estación : 01: PLANTA Formato : DIS : DISPAROS GRAL. ARRAN.

Máquina : TUR : turbo bombas Car x Pro : ASTG : Alarma sobrevelocidad de la turb

Catálogo Listado DIS : DISPAROS GRAL. ARRAN. Listado

Clave (6)	Característica (40)
▶ ASTG	Alarma sobrevelocidad de la turbina de g
ATC	Alta temperatura de carcasa de la bomba
ATCC	Alta temperatura de cojinete cople
ATCL	Alta temperatura de cojinete libre
BAC	Baja presión de combustible
BAS	Baja presión de succión bomba centrífuga
CTA	Contactador térmico motor de arranque
CTP	Contactador térmico motor del presurizador
FA	Fallo bajo voltaje de batería
*	

Clave	Posición	Ancho	Característica
▶ ASTG	0	1	Alarma sobrevelocidad de
ATC	0	1	Alta temperatura de carcasa
ATCC	0	1	Alta temperatura de cojinete
ATCL	0	1	Alta temperatura de cojinete
BAC	0	1	Baja presión de combustible
BAS	0	1	Baja presión de succión bo
CTA	0	1	Contactador térmico motor de
CTP	0	1	Contactador térmico motor de
FA	0	1	Fallo bajo voltaje de bateri

Figura 8.

Característica del Producto

Producto Característica Aceptar Cancelar

Formato Posición Ancho

Análisis:

por Variables

por Atributos

por Disposición

no analizar

Límites:

Superior Especificación Control Captura

Central

Inferior

Captura de datos:

Teclado Tamaño Subgrupo Decimales

Conexión Catálogo Puerto Canal Buzca

Fórmula Bajar

Nivel Crítico:

Crítica Costo

Mayor

Menor

Información:

Proceso Catálogo

Fuera Límites

Comida

Adhesión

Listado

Característica

Figura 9.

Una vez seleccionado el Usuario, Máquina, el Producto y el Formato el programa localiza el archivo de Datos Muestrales o Hoja de Datos y lo presenta en la pantalla. La pantalla que aparece es la que se muestra en la figura 10.

SuperCEP Windows v.1.5.53 SCW3 1500/1 SUPERCEP.SA DE CV (DEMO)

Configurar Gráficas Reportes Ventas Infor Datos Renglón Ventana Ayuda

Usuario: OP : Operador del Sistema Producto: AGU : AGUA
 Estación: 01: PLANTA Formato: DIS : DISPARDOS GRAL ARRAN.
 Máquina: TUR : turbo bombas

#	Fecha	Hora	T	Operador	FA	CTP	CTA	BAS	BAC	ATC
12	19981125	1735	1	SUPER		223.000				
13	19981125	1735	2	SUPER		3.000				
14	19981125	1735	2	SUPER		2.000				
15	19981125	1735	2	SUPER		2.000		1.000		
16	19981125	1735	2	SUPER		12.000	1.000	2.000		
17	19981125	1735	2	SUPER		23.000	1.000	3.000		
18	19981125	1735	2	SUPER		2.000	1.000	4.000		
19	19981125	1735	2	SUPER	223.000	122.000	1.000	5.000		
20	19981125	1735	2	SUPER	3.000			6.000		
21	19981125	1735	2	SUPER	2.000		1.000	7.000		
22	19981125	1735	2	SUPER	2.000			8.000		
23	19981125	1735	2	SUPER	12.000			9.000		
24	19981125	1735	2	SUPER	23.000			12.000		
25	19981125	1735	2	SUPER	2.000			1.000		
26	19981125	1735	2	SUPER	122.000					

T 0. Fallo bajo voltaje de batería [1 ..] L Inf. Exp. 0 T Subppo 1 V 1
 M L Sup. Exp 1 1

Figura 10.

En la hoja de datos tabular cada renglón representará una muestra (identificada con consecutivo, fecha, hora, turno y operador) y cada columna una característica de esa muestra. Las primeras cinco columnas son fijas en un inicio, es decir, no pueden modificarse y normalmente se llenan de manera automática:

1. Número consecutivo de muestra.
2. Fecha de captura de la muestra (formato AAAAMMDD)
3. Hora de captura de la muestra (formato HHMM).
4. Turno correspondiente.
5. Clave del Usuario que captura la muestra.

El encabezado de cada columna muestra la clave de la característica a controlar y al cambiar de columna se muestran en la parte inferior de la pantalla sus parámetros de configuración. Para modificar o adicionar cualquiera de estos parámetros entrar a la tabla de Características del Producto del módulo de Configuración. Para capturar los datos al sistema pueden teclearse directamente o ser recibidos automáticamente de un instrumento de medición y serán registrados en la celda que tenga el cursor.

Vamos a explicar brevemente las opciones que se encuentran formado el Menú Principal de la hoja de datos de Supercep.

1. La opción llamada *Configurar* como ya se explico anteriormente tiene la función principal de incorporar todos los elementos que intervendrán en el análisis estadístico. Estos elementos ya se mencionaron anteriormente.
2. La opción llamada *Gráficas* permite elaborar las gráficas estadísticas autorizadas para el usuario de cada característica del producto. Las gráficas estadísticas que se pueden elaborar en el software son:
 - Gráfica X-R.
 - Gráfica X-S.
 - Estudio de la normalidad. Este estudio es para conocer si el proceso permanece controlado o se salió fuera de Control Estadístico. Y se usa la prueba de Anderson-Darling porque demostró ser la más confiable de todas las pruebas de normalidad en la convención mundial de estadística en Hungría en el año de 1984.
 - Histograma.
 - Histograma Contenido. Sirve para verificar el contenido neto en peso o volumen de productos envasados.
 - Histograma colectivo. Este muestra los histogramas de cada característica de calidad.
 - Diagrama de Pareto.
 - Diagrama libre de Pareto. Aplica en la elaboración libre de diagramas de Pareto. Aplica la elaboración de Diagramas de Pareto de Costo Y de defectos en forma simultanea.
 - Muestreo 414 y Muestreo 105 D. Son tipos de muestreos de estándar militar. Sirve para inspeccionar el lote de productos fabricados por una máquina antes de ser distribuidos.
 - Regresión Lineal. Mediante esta técnica es posible determinar si una variable está correlacionada con alguna otra o si son independientes.
 - Gráficas P, nP, C, U. Son gráficas de control.

- Sumario de Habilidad. Es una gráfica donde se representa la distribución de los niveles de los índices Capacidad Potencial del Proceso Cp y Habilidad de Proceso Cpk con código de colores: Verdes arriba de 3 sigma, Amarillos entre 2 y 3 sigma y Rojos abajo de 2 sigma.

La pantalla que se muestra cuando seleccionamos la opción de Gráficas es la que exhibe en la figura 11.

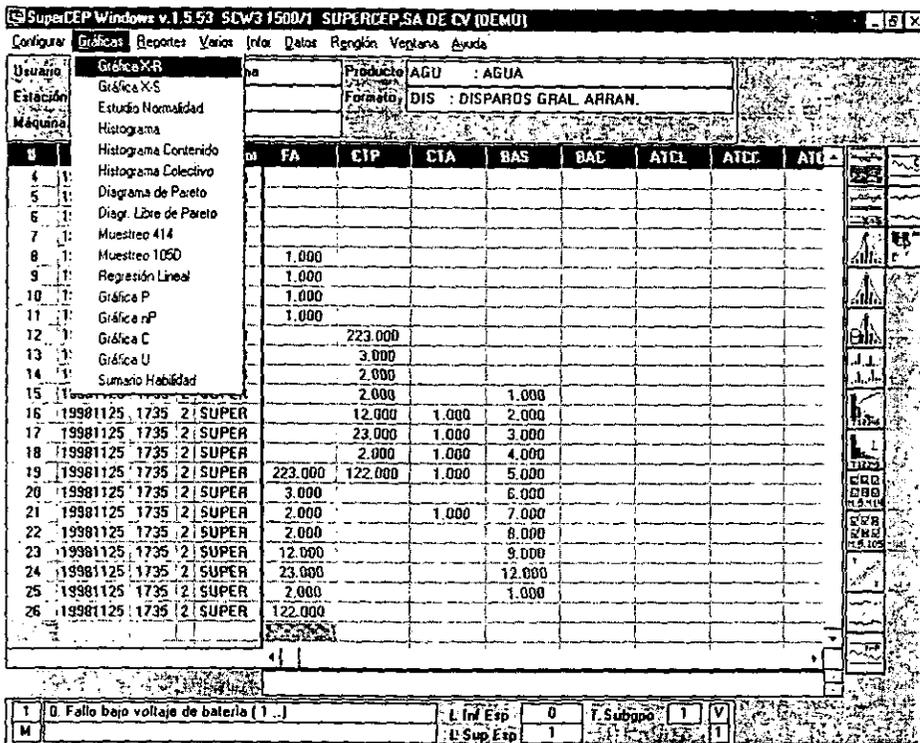


Figura 11.

3. La opción llamada *Reportes* permite elaborar los reportes estadísticos autorizados para el usuario de los distintos formatos de inspección. Los reportes que el software da son los siguientes:

- Hoja de datos.

- Media, Desviación Estándar y Rango.
- Certificados.
- Bitácoras.
- Defectos.
- Habilidad.

La opción llamada Bloc de Notas sirve para poder elaborar el texto que contendrá los diferentes Reportes que contiene la opción. La pantalla que se muestra al seleccionar la opción de Reportes es la que se muestra en la figura 12.

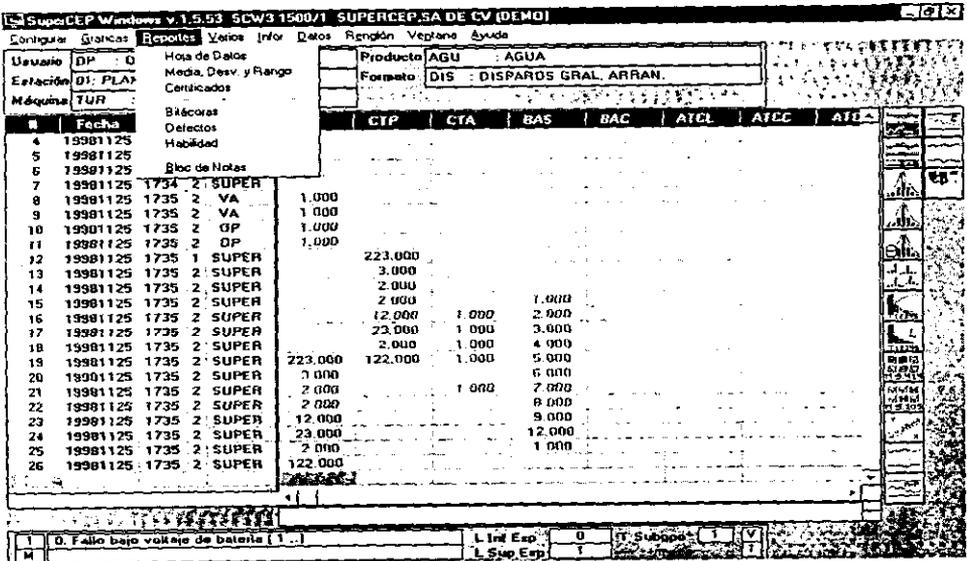


Figura 12.

1. La opción llamada Varios permite la personalización del uso del sistema. Esta opción le permite al usuario personalizar Directorios, Impresora, Panel de Control, Utilería RS-232, Fijar Columnas, Auditoría, Puerto Serial, Temporizador y Calculadora. Y la pantalla que se muestra es la que se muestra en la figura 13.

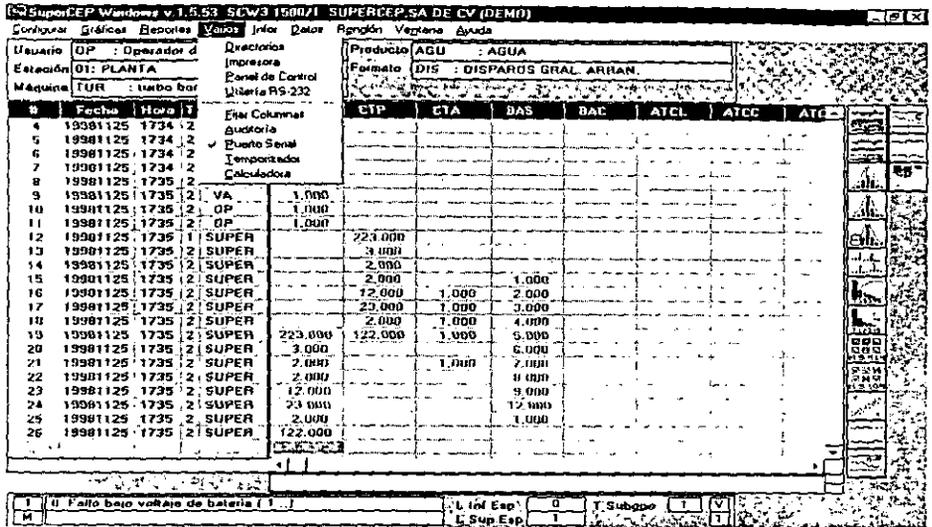


Figura 13.

2. La opción llamada Infor. Acceso directo a los textos o imágenes asociados a una columna del formato de inspección. La pantalla que se desplegará es como la que se exhibe en la figura 14.

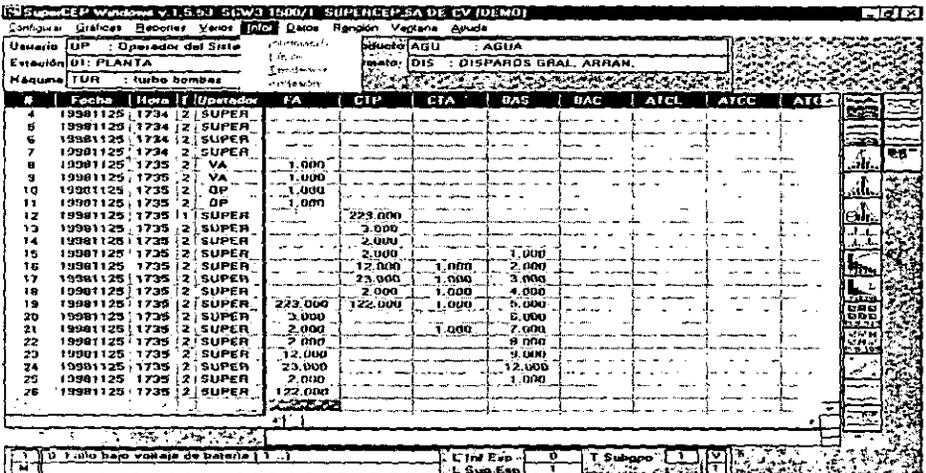


Figura 14.

3. La opción llamada Datos. Permite Importar, Exportar y respaldar datos muestrales. Esta opción es utilizada para la transferencia de Información al Supercep o a otro software de Microsoft. La pantalla que se despliega para poder utilizar esta opción es la que se muestra en la figura 15.

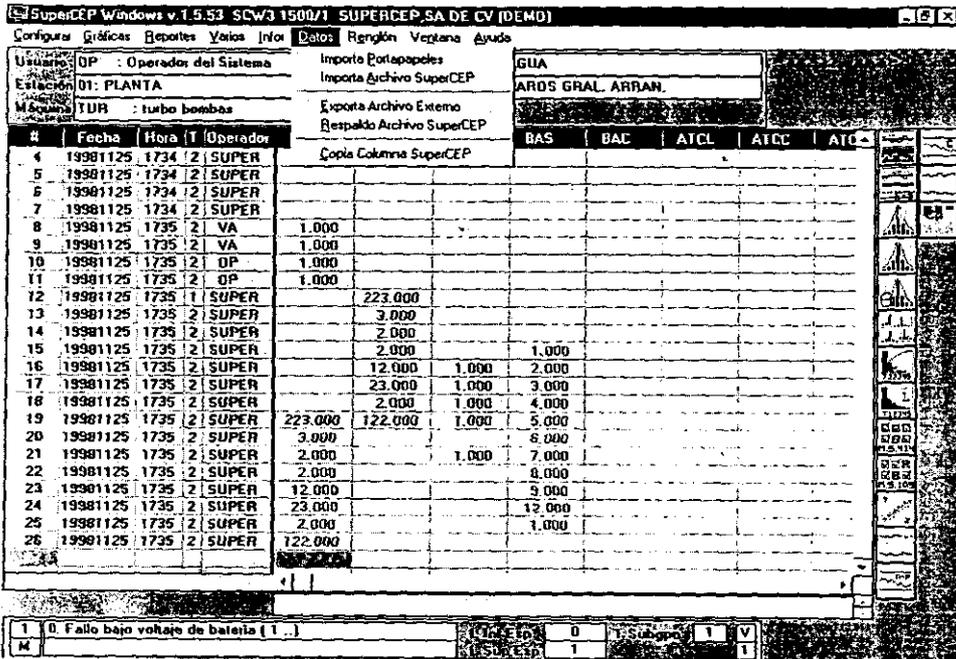


Figura 15.

4. La opción llamada Renglón. Opciones de mantenimiento a los datos muestrales de un formato de inspección. La pantalla mostrada en la figura 16 es la que se muestra cuando se elige esta opción.
5. La opción Ventanas permite acomodar en pantallas las gráficas activas. La pantalla que se exhibe al seleccionar esta opción es la siguiente que se muestra en la figura 17.

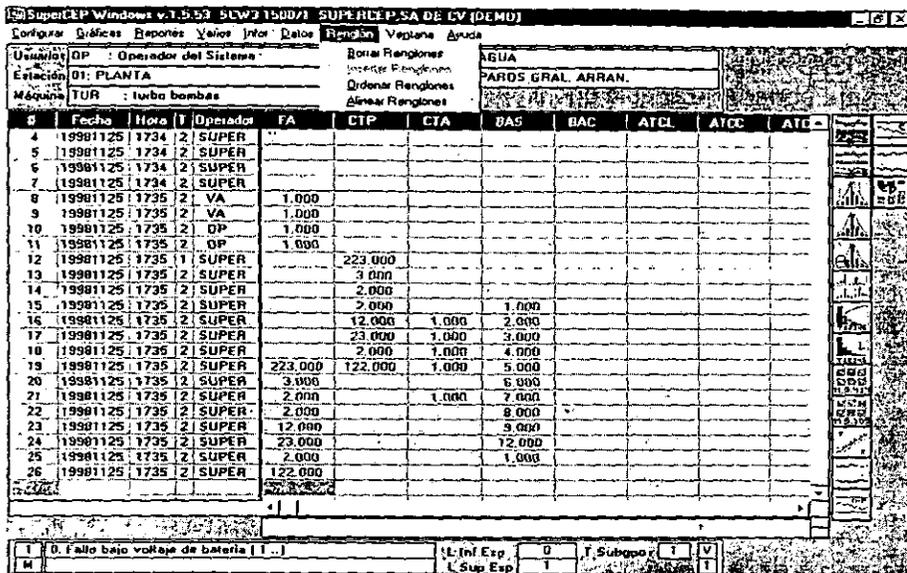


Figura 16.

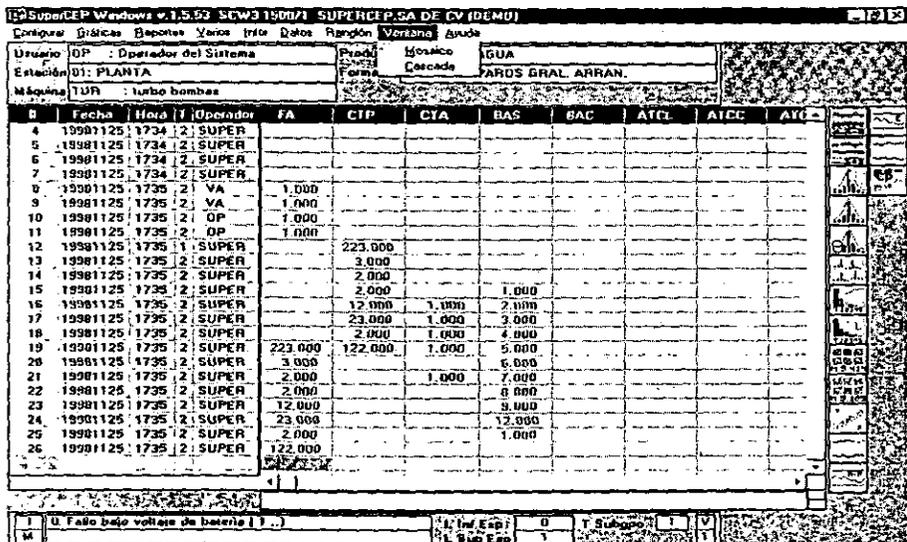


Figura 17.

9. La opción Ayuda. Es una ayuda de cómo se configura el software.

La ayuda que se proporciono anteriormente es un breve resumen del manual del usuario de Supercep, este pequeño manual se hizo con el propósito del que el lector tenga una idea de cómo se configuró el software que se empleo para la simulación de este trabajo.

GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIATURAS.

A

ASCII (*Código Norteamericano Estándar para Intercambio de Información*). Un código de datos binarios de 7 bits utilizado en comunicaciones con la mayoría de los minicomputadores y computadores personales.

B

BASE DE DATOS. Una colección grande y ordenada de información del proceso.

BYTE. Una unidad de información utilizada principalmente al referirse a transferencia de datos.

C

CCITT (*Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía*). Un comité consultivo internacional que establece estándares mundiales de comunicaciones (tales V.21, V.22 y X.25). Reemplazado por el ITU-TSS.

CEP (*Control Estadístico de Procesos*). Es una poderosa colección de herramientas estadísticas empleadas para llevar a cabo el análisis de un proceso de una manera objetiva y precisa. Esto se logra mediante el uso de datos recabados del proceso. Este conjunto de herramientas tiene una completa aplicación para solucionar problemas, y para lograr la estabilidad de un proceso en todos los ámbitos de la industria ya sea de manufactura o no.

CGA (*Matriz gráfica a color*). Un estándar de gráficos para PC, PC/XT y AT de IBM o compatibles, introducido por IBM en 1981.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN. El coeficiente de variación se obtiene expresando la desviación estándar como porcentaje de la media.

CURTOSIS. Es el grado de apuntamiento de una distribución, generalmente se toma en relación a la distribución normal.

D

DDE (*Dynamic Data Exchange*). Intercambio Dinámico de Datos. Software que permite compartir información de manera automática entre aplicaciones que se ejecuten bajo ambiente Windows.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR. Se define como la raíz cuadrada de la varianza.

DESVIACIÓN MEDIA. Se define como la suma de los valores absolutos de sus desviaciones con respecto a su media aritmética, dividida por el número de ellas.

DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO. Es una herramienta del CEP empleada para poder conocer las principales causas o características que afectan a una característica de calidad.

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN. Es una herramienta del CEP empleada para poder observar la relación que guardan dos variables de calidad, cuando una ella es modificada que efectos produce sobre la otra.

DISTRIBUCIÓN NORMAL. Es una gráfica que se forma cuando el número de datos para formar un histograma es muy grande tendiendo hacia infinito, el intervalo de clase se reduce prácticamente a cero.

DOS (*Disk Operating System*). Sistema Operativo en Disco, es empleado en computadoras personales.

E

EGA (*Adaptor de gráficos mejorado*). Un estándar de video para PC, PC/XT y AT de IBM o compatibles. El EGA mantiene compatibilidad con el CGA, pero tiene más modalidades gráficas. Su resolución, de 640 x 350 pixels, es la mejor que el CGA.

ETHERNET. Estándar de comunicación muy empleado en redes de área local, soporta velocidades de transmisión de 10 Mbits/s.

G

GRÁFICA DE CONTROL. Es una herramienta del CEP que sirve para dar a conocer el estado en que se encuentra el proceso. Esta nos dice si el proceso esta controlado o no.

GRÁFICA DE PARETO. En algunos libros se le conoce también como Diagrama de Pareto. Es una herramienta del CEP que sirve para clasificar los defectos que ocurren con mayor frecuencia a un producto o una característica de calidad, así como su impacto económico en el proceso.

GUI (*Graphical User Interface*). Se utiliza este término en un lenguaje de programación gráfica. Consiste en gráficos que ayudan a visualizar y manejar en forma interactiva y en tiempo real la información que está siendo obtenida por un sistema de adquisición de datos o por un programa en ejecución.

H

HARDWARE. Equipo físico como por ejemplo tarjetas de adquisición de datos, monitor, teclado, etc. que permiten realizar funciones específicas para el desarrollo de una aplicación en particular.

HISTOGRAMA. Es una herramienta del CEP usada para recolección de información del proceso.

HMI. (*Human Machine Interface*). Interfaz Humano-Máquina. Es un software que permite al operador visualizar un proceso de producción, desde un cuarto de control. También tiene interacción con los sistemas de control y con el mismo proceso.

HOJA DE REGISTRO. Es una herramienta del CEP usada para registrar información del proceso. Esta facilita el fácil manejo de información al operador del sistema.

I

IEC (Comisión Electrotécnica Internacional). Una organización que coopera con la ISO en estándares tecnológicos.

IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Una sociedad internacional de ingenieros profesionales que emite estándares de operación de red ampliamente usados.

INTERFAZ (*Interface*). Conexión común entre dos sistemas de procesamiento de información. Medio de comunicación entre dos sistemas, incluye hardware y software como en el caso de una HMI.

ITEMS Término usado en calidad para llamar a un artículo.

M

MACINTOSH. Una familia de computadores de escritorio fabricados por Apple. Fueron los primeros computadores populares en utilizar una GUI.

MANEJADOR (*Driver*). Un módulo de software que bajo control de procesador administra un puerto de entrada/salida a un dispositivo externo, tal como un puerto serial RS-232C hacia un módem.

MEDIA. Es el promedio aritmético de los datos que forman una población.

MEDIANA. Es el número central de una población, ordenando los items de menor a mayor.

MMI (*Man Machine Interface*). Interfaz Hombre-Máquina. Se emplea igual que el término HMI.

MODA. Es el dato con la más alta frecuencia en una población, es el dato que más veces se presenta.

MUESTRA. Es uno o más ítems tomados de una población para proporcionar información sobre la población.

MUESTRA ALEATORIA. Es una muestra seleccionada por medio del muestreo aleatorio.

MUESTREO ALEATORIO. Es un método común para la selección de muestras es seleccionar cualquier miembro de la población con igual probabilidad.

O

OLE (*Object Linking and Embedding*). Fijamiento y enlazado de objetos. Cualidad que presentan las aplicaciones de Microsoft, y que permite compartir objetos entre ellas mismas (gráficas, texto, datos, etc.)

P

PC (*Personal Computer*). Computadora Personal.

PLC (*Programmable Logic Controller*). Controlador Lógico Programable. Sistema de control que permite ser programado para que ejecute funciones específicas. Dichas funciones pueden ser: control lógico de E/S, temporización, conteo, manipulación de datos, entre otras.

POBLACION. Es la totalidad de los ítems en consideración.

R

RAM *Random Acces Memory*. Memoria de acceso aleatorio utilizada en las PC para el respaldo temporal de datos.

RANGO O AMPLITUD. Es la diferencia entre el valor más grande y el valor más pequeño de un grupo de datos.

RJ-45. Cableado con conectores modulares de 8 hilos; comúnmente usados para transmisiones de datos seriales.

ROM (*Read Only Memory*). Memoria de sólo lectura utilizada en los sistemas digitales.

RS-232. Estándar internacional de transmisión serial entre dos dispositivos, que utiliza señales de voltaje para comunicarse. No puede utilizarse en distancias mayores a 15 metros.

RS-485. Estándar de comunicación serial que permite entablar la comunicación entre 32 dispositivos.

S

S.C.A.D.A. (*Supervisory Control and Data Adquisition*). Control Supervisorio y Adquisición de Datos. Es un sistema de control que realiza funciones equivalentes a los DCS's, cuya principal potencialidad se encuentra en el software y las comunicaciones.

SCD (*Distributed Control System*). Sistema de Control Distribuido. Está arquitectura propone un esquema con una red de unidades de control, donde cada una realiza el control una parte del proceso.

SESGO. El sesgo es el grado de asimetría, o falta de simetría de una curva de distribución.

SET POINT. Punto de referencia o ajuste, el cual se predefine para un sistema de control. También se puede decir que es el punto donde debe mantenerse la variable a controlar.

SISTEMA OPERATIVO. El software de un computador, que controla la ejecución de programas, generalmente manejando las funciones de control de entrada/salida, la programación de recursos y la administración de datos. OS/2, MS-DOS y VM/370 son ejemplos de sistemas operativos.

SOFTWARE. Soporte lógico o conjunto de programas y procedimientos que se incluye en un equipo de tratamiento de datos y que hace posible la utilización eficaz del mismo.

SQL (*Lenguaje Estructurado de Consulta*). Un lenguaje común de programación de base de datos.

S-VGA (*Super VGA*). Una versión refinada de la VGA que ofrece mayor resolución, al menos de 800 x 600 pixels.

T

TIEMPO REAL. Se refiere al monitoreo de datos y procesamiento de información en el preciso momento que una variable cambia de valor o estado.

U

UNIX. Sistema operativo multiusuario y multitarea.

V

V.35. Un estándar del CCITT para interfaz de comunicación de alta velocidad. V.35 especifica un conector de 34 pines y puede transmitir a velocidades que llegan a millones de bits por segundo. No puede

conectarse, física o eléctricamente, a ninguna otra interfaz sin la ayuda de un convertidor.

VARIANZA. Se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de sus observaciones con respecto a su media, dividida por el número de observaciones.

VGA (*Matriz gráfica de video*). Un estándar de video para IBM PC y compatibles. La VGA estándar tiene una resolución de 640 x 480 pixels y soporta 16 colores.

VME. Bus de 32 bits.

VXI. Es una extensión del bus VME para instrumentación.

W

WINDOWS. Un ambiente de GUI desarrollado por Microsoft. Permite al usuario correr más de un programa simultáneamente en un computador de escritorio.

WINDOWS 95. Sistema operativo multiusuario, multitarea y multired.

WINDOWS NT. Sistema Operativo multiusuario, multitarea y multired que se caracteriza por brindar mayor seguridad en el manejo de información.

X

X.25. La interfaz estándar para redes de comunicación de datos conmutadas por paquetes, como ha sido designada por el CCITT.

XGA (*Matriz Gráfica Extendida*). Un estándar de video para PCs 386SX con Micro canal o mejores. La resolución es de 1.024 x 768 pixels y soporta 256 colores. La administración de bus por parte de la XGA mejora el rendimiento al dar a su coprocesador gráfico acceso a la RAM del sistema y no sólo a la RAM de video.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bowker, A.H. y Lieberman, G.J.
Engineering Statistics.
Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., U.S.A., 1972.
2. Clements, Jonh A.
Process Capability Calculations for Non-Normal Distrubutions.
Quality Progress, Sep. 1989.
3. Continuing Process Control and Process Capability Improvement.
Ford Motor Co., Statistical Methods office.
Dearborn, Mich., U.S.A., 1985.
4. Fegenbaum, Armand V.
Control Total de la calidad.
C.E.C.S.A., México, 1988.
5. Grant, L. E. y Leavenworth, R. S.
Statistical Quality Control
McGraw-Hill Comany, USA, 1980.
6. Hayes, Glenn E. y Roming, Harry G.
Modern Quality Control.
Bruce, USA, 1977.
7. Kume, Hitoshi.
Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la calidad.
Grupo Editorial Norma, Bogotá, Colombia, 1993.
8. Moore J. A. y Herb S. M.
Understanding Distributed Process Control.
Instrument Sociey of America, 1983.
9. Astrom Karl J.
Sistemas Controlados por Computador.
Ed. Paraninfo, Madrid, 1988.

10. Hostetter G.
Sistema de Control.
Ed. Mc. Graw Hill, México, 1990.
11. Bollinger G. Jhon.
Computer Control of Machine and Process.
Ed. Addison. Wesley Publishing Company Inc.
Estados Unidos, 1989.
12. Fred Halsall.
Comunicación de datos, redes de computadores y sistemas abiertos.
Ed. Addison Wesley, México, 1998.
13. Supercep Manual de usuario.
Ingeniería Auxiliar.
Ingeniería Auxiliar Sa. de Cv. 1998.

Se consultaron las siguientes Tesis:

1. "Sistema Supervisor de la Terminal Marítima Pajaritos Veracruz".
Sonia Corral Díaz.
Marco A. Rivera Reyes.
UNAM Aragón 1995.
2. Plan Integral de automatización del distrito de producción de Hidrocarburos de PEMEX en Agua Dulce Veracruz.
Armando Miranda González.
Manuel Alejandro Culebro Victorio.
ESIME Zacatenco 1997

Se consultaron también las siguientes cápsulas técnicas desarrolladas por el Grupo de Ingeniería en Sistemas Electrónicos (GISE) del IMP.

1. PLC ¿Qué es? Características.
Ing. Marcos Mondragón Bocanegra.
Volumen 1 Número 10. 1997.
2. Sistemas S.C.A.D.A.
Ing. Marcos Mondragón Bocanegra.
Volumen 1 Número 24. 1997.
3. Sistemas de Control Distribuido.
Ing. Armando Miranda González.
Volumen 1 Número 15. 1997.

BIBLIOGRAFÍA

4. Computadora Personales.
Ing. Marco A. Rivera Reyes.
Volumen 1 Número 21. 1997.
5. Sistemas Operativos.
Ing. Marco A. Rivera Reyes.
Volumen 2 Número 3. 1998.
6. Optimización en Tiempo Real de Procesos.
M en I. Ricardo Lopezlena Estrada.
Volumen 2 Número 7. 1998.
7. Interfaz de Operación.
Ing. Marco A. Rivera Reyes.
Volumen 2 Número 9. 1998.