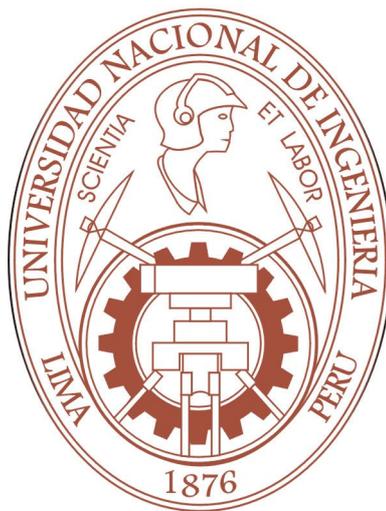


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

*FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA y
METALURGIA*

ESCUELA PROFESIONAL DE METALURGIA



“MEJORA DE LA RECUPERACION DE MOLIBDENO”

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGICO

PRESENTADO POR:

RONALD JESUS DÍAZ VÁSQUEZ

LIMA, PERÚ

2008

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida.

A mis padres Antonia y Oscar por ser
fuente de inspiración y motivación
para superarme cada día mas y así
terminar el gran esfuerzo que
empezaron hace algunos años.

A mis hijos por creer en mí y ser
el motor de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Compañía Minera Antamina S.A. por permitir presentar el presente informe.

A mis compañeros de curso Black Belt Six Sigma con los cuales compartimos muchas horas de trabajo y dedicación.

A mis asesores Master Black Belt (MBB) por apoyarme en la culminación de los proyectos.

Al grupo de trabajo del proyecto por sus valiosos aportes.

A los profesores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) que me brindaron su valioso apoyo en mi formación profesional.

RESUMEN

Compañía Minera Antamina S.A con el fin de alcanzar los resultados estratégicos y lograr las metas que declara en su Acta Constitutiva implementa el programa SIX SIGMA en sus operaciones y desde ahí se logran observar los primeros proyectos de mejora como el que presento: “Mejora de la Recuperación de Molibdeno “

ACTA CONSTITUTIVA:

- Somos Antamina operadores eficientes de un yacimiento poli metálico complejo. Nuestro equipo está fuertemente comprometido a producir y entregar concentrados de alta calidad, con seguridad y responsabilidad, desde los Andes Peruanos hacia el mundo. Identificamos los valores de nuestra empresa como propios y estamos altamente motivados a ser siempre mejores
- Nuestro propósito es crear valor y beneficios responsablemente para los trabajadores, accionistas, comunidades y el Perú
- Tenemos como misión ser una compañía con resultados extraordinarios y predecibles en calidad, adaptabilidad, rentabilidad, seguridad, medio ambiente y relaciones comunitarias, mediante la participación y liderazgo de nuestra gente

Este proyecto nace por la necesidad de mejorar las recuperaciones de Molibdeno en el circuito de separación Cu-Mo y al observar que se tiene una variabilidad alta y no se puede atribuir a una causa en especial.

Se procede a realizar el plan de trabajo definiendo el problema a tratar y enfocando y limitando las áreas para proceder a la definición y medición de variables del sistema.

Luego de analizar el Proyecto se obtiene una lista de 11 variables que afectan a la recuperación de las cuales 4 son más importantes y sobre las cuales se implementan Lazos de Control para disminuir las variables que maneja el operador, manteniendo en control estas.

En este proyecto se realizan algunos Diseños de Experimentos con algunas variables para observar el impacto de estas en la recuperación, además de realizar pruebas piloto en planta con los lazos de Control.

Las mejoras esperadas en el circuito es del orden de 0.83% de incremento en la recuperación y representa 1.6 millones de dólares al año.

Los primeros resultados obtenidos luego de haber implementado las mejoras para algunas variables de procedimiento y estándar aplicando el "Just do it" da cuenta de una mejora en la variabilidad del proceso disminuyendo en 0.2% la desviación estándar.

Con la finalización de las mejoras se obtiene el resultado esperado, incrementando la recuperación y disminuyendo la variabilidad del proceso.

Las mejoras implementadas fueron realizadas sin cambiar el proceso o parte de el, solo corrigiendo variables criticas que hacían el proceso inestable y por ello su recuperación.

RESUMEN (INGLES)

Compañía Minera Antamina S.A. , with the purpose of reaching the strategic results and to obtain the goals that declare in their Constitution Act , implements SIX SIGMA program in its operations in order to observe from there the first improvement projects like I present: "Molybdenum Recovery Improvement"

CONSTITUTION ACT

- We are efficient Antamina operators from a poli metallic complex deposit. Our team is strongly compromised to produce and deliver high quality concentrate, with responsability and security, from Peruvian Andes to the world. We identify our company ´s values such as own and highly motivated to being always better.
- Our intention is to create worth and benefits for the workers, shareholders, communities and Peru
- Our mission is to be a company with extraordinary and predictable results in quality, adaptability, profitable , security, environment and community relationships, by means of participation and leadership of our people

This project is born because the necessity to improve Molybdenum recoveries in Cu-Mo separation circuit and to realize of a high variability with a non special cause

We proceed to put in March our Plan Work defining the problem to deal with, focusing and edging the areas in order to define and measure the variables of the system.

After analyzing the Project we had obtained a list of 11 variables that affect the recovery , 4 of them are the most important and we are implementing Bows of Control in order to diminish the variables that the operator handles, maintaining control on them.

In this project we make some Experimental designs with some variables in order to observe the impact of these in the recovery, besides of making pilot tests in plant with bows of Control.

The improvements waited for in the circuit are 0,83% of increasement in the recovery and represent 1,6 million dollars per year.

The first results obtained after implementing the improvements for some procedure and standard variables using the “Just do it” are an improvement in the variability process reducing in 0.2% the standard deviation.

With the implementation of the improvements , we obtain the waited results increasing the recovery and diminishing the variability of the process.

The implemented improvements were made without changing the process or part of it , just correcting critical variables that had made an unstable process and for that reasons its recovery.

INDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN ESPAÑOL	3
RESUMEN INGLES	5
LISTADO DE FIGURAS	9
LISTADO DE TABLAS	12
INTRODUCCION - VISION GENERAL DEL SIX SIGMA	13
CAPITULO I.-Definición del problema	21
1.1 Generalidades	21
1.2 Planteamiento del problema	24
1.3 Métrica Primaria	25
1.4 Métrica Secundaria	26
1.5 Requerimiento del Cliente	27
1.6 Acotando el Proyecto	29
1.7 Herramientas de Aceptación	30
1.8 Equipo de Trabajo	31
1.9 SIPOC	31
CAPITULO II.- Medición de Variables	33
2.1 Mapeo de Proceso – Process Icon	33
2.2 Matriz XY	34
2.3 FMEA	36
2.4 Análisis Sistema de Medición – MSA	37
2.5 Validación de la Y	37
2.6 Validación de las X's	39
2.7 Capacidad del Proceso.	40

CAPITULO III.- Análisis de variables	43
3.1 Regresiones	43
3.2 DOE histórico	44
3.3 Resumen de Variables.	44
CAPITULO IV.- Implementación de Mejoras	46
4.1 DOE ORP - pH – Diesel vs. Recuperación	46
4.2 DOE pH – NaSH vs. ORP.	47
4.3 Matriz de Soluciones	48
4.4 Proceso Modificado.	49
CAPITULO V.- Control de Procesos	51
5.1 Mejoras Obtenidas	51
5.2 Plan de Implementación	55
5.3 Plan de entrenamiento	55
5.4 Plan de monitoreo	57
5.5 Plan de respuesta	58
5.6 Plan de documentación.	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFIA	62
ANEXOS	63
GLOSARIO	89

LISTADO DE FIGURAS

1. **Figura (a):** Histograma de Distribución. (Pág.15)
2. **Figura (b):** Distribución de Probabilidades. (Pág.16)
3. **Figura (c):** Nivel sigma grafico explicativo. (Pág.17)
4. **Figura (d):** Nivel six Sigma basado en defectos Por Millón de Oportunidades. (Pág.18)
5. **Figura (e):** Como six Sigma puede hacer la diferencia. (Pág.19)
6. **Figura (f):** Diagrama de Flujo Six Sigma DMAIC. (Pág.21)
7. **Figura Nº 01:** Distribución de datos de Courier Cabeza de Mo vs. Cola de Mo. (Pág.24)
8. **Figura Nº 02:** Distribución de datos Recuperación de Mo vs. Ley de Cabeza de Mo. (Pág.26)
9. **Figura Nº 03:** Histograma de datos de consumo de NaSH en gr./Ton de Mineral. (Pág.27)
10. **Figura Nº 04:** Grado del Concentrado Rougher de Molibdeno. (Pág.27)
11. **Figura Nº 05:** Grafico de requerimientos del Cliente Importancia vs. Satisfacción. (Pág.29)
12. **Figura Nº 06:** Grafico de Tendencia de datos Recuperación Rougher, Recuperación Cleaner y Recuperación Total. (Pág.30)
13. **Figura Nº 07:** Mapa de proceso de Alto nivel e identificación de los componentes del SIPOC para el proyecto de Mejora de Recuperación de Mo en el circuito de Separación Cu-Mo. (Pág.32)

- 14. Figura N° 08:** Identificación y Clasificación de Variables que influyen en la Recuperación del Mo. (Pág.35)
- 15. Figura N° 09:** Histograma de datos comparativos antes y después de aplicados los Just do It. (Pág.36)
- 16. Figura N° 10:** Análisis del sistema de Medición de Datos de Recuperaron de Mo. (Pág.38)
- 17. Figura N° 11:** Gráficos de Resumen de Distribución de Datos de Recuperación de Mo y Capacidad de Proceso Antes del Desarrollo del proyecto. (Pág.41)
- 18. Figura N° 12:** Regresión Flujo de Alimentación del proceso vs. Recuperación de Mo. (Pág.43)
- 19. Figura N° 13:** Grafico Matrix Plot con distintas variables (Flujo de alimentación, pH, % sólidos, ORP, Cabeza de Mo, y Cola 1er cleaner) que pueden afectar en la Recuperación de Mo. (Pág.43)
- 20. Figura N° 14:** Gráficos de relación de pH y ORP que afectan la Recuperación. (Pág.46)
- 21. Figura N° 15:** Gráficos de Interacción de NaSH-pH vs. ORP. (Pág.47)
- 22. Figura N° 16:** Mapa de Proceso modificado como se encuentra actualmente luego de la implementación de mejoras. (Pág.50)
- 23. Figura N° 17:** Grafico de control de tendencias de Recuperación luego de la aplicación de mejoras. (Pág.52)

- 24. Figura N° 18:** Comparación de Histogramas de Recuperación Antes y Después de implementadas las mejoras. (Pág.52)
- 25. Figura N° 19:** Grafico de control de tendencias de Recuperaciones Antes y después de implementadas las mejoras. (Pág.53)
- 26. Figura N° 20:** Grafico de capacidad de Proceso de Recuperación Después de la implementación de las mejoras. (Pág.54)
- 27. Figura N° 21:** Cartas de Control para Monitorear la respuesta de la Recuperación de Mo en el Proceso luego de la implementación de mejoras. (Pág.57)

LISTADO DE TABLAS:

1. **Tabla N° 01:** Matriz de traslación de Necesidades del Cliente a Requerimientos del mismo. (Pág.28)
2. **Tabla N° 02:** Variables que afectan el proceso (X's). (Pág.39)
3. **Tabla N° 03:** Matriz de soluciones de mejora. (Pág.48)
4. **Tabla N° 04:** Comparación de Valores de Recuperación de Mo, Desv.Est, y Sigma antes y después de la implementación de Mejoras. (Pág.51)
5. **Tabla N° 05:** Comparación de Recuperación antes y después según la aplicación de herramientas estadísticas para el proceso. (Pág.53)
6. **Tabla N° 06:** Plan de Entrenamiento de Stakeholders. (Pág.56)
7. **Tabla N° 07:** Cuadro del Sistema de Control que se aplicara al proceso para la Mejora de la Recuperación de Mo. (Pág.59)

VISIÓN GENERAL DE SEIS SIGMA

Definiendo Six Sigma:

Six Sigma es un acceso estructurado de datos que atacan los defectos para mejorar el nivel Sigma de los procesos, productos o servicios de las organizaciones.

Una compañía que incluya la filosofía Six Sigma demuestra lo siguiente:

- El uso de herramientas de análisis y exploración de procesos o productos para resolver la ecuación $Y = f(x)$ y traducir esta solución con aplicaciones prácticas.
- Esta fórmula será cubierta posteriormente con más detalle en el desarrollo del informe.
- La ecuación fundamental que maneja Six Sigma es

$$Y = f(x)$$

Y: Resultado (cosas importantes para el negocio)
F: Función (como tratar y manejar interrelaciones)
X: Variables que deben de ser controladas
consistentemente para predecir Y

- El resultado es función de la información y el proceso.

Ejemplo: Nuestra habilidad para generar dinero (Y) está en función de la satisfacción del cliente, las ganancias de los inventarios, adjuntos al rendimiento efectivo.

¿Por qué las Compañías Usan Six Sigma?

Las compañías usan las estrategias de Six sigma para:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Mejorar la ganancia y reducir costos.
- Reducir tiempos
- Mejorar el nivel sigma de los procesos, productos y servicios de la organización.
- Obtener mejores pronósticos en los resultados.
- Obtener la habilidad para seleccionar proveedores basados en el efecto de la información de sus procesos.

Antecedentes de Six Sigma

Evento		Impacto
Motorola Pionero	Principio de los 80's	Un acercamiento sistemático para resolver problemas complejos de los productos y el lanzamiento de un efectivo proceso de mejora
Capacidades de computo y software	Principio de los 90's	Avanzada experiencia en estadísticas y años de solución de problemas, dejaron de ser requisitos para resolver fuertes problemas de negocios. Esto permitió la participación de más personas en este nivel de análisis.
Implementación de Allied Signal & GE	Mediados de los 90's	Probaron el poder de Six sigma y transformaron Six Sigma de ser solo un enfoque de mejora de calidad a un enfoque de mejora de negocios.

Adaptado para problemas transaccionales y diseño por six sigma.	Finales de los 90's	Six Sigma ya no fue solo para manufactura, se convirtió en uno de los métodos de mejoras transaccionales mas poderosas disponibles. Six Sigma se expandió para crear diseños de procesos y productos más capaces de lograr las habilidades de Six Sigma.
---	---------------------	--

¿Qué es Sigma?

- Sigma: Es el valor de la desviación estándar para cualquier característica de procesos. Es utilizada para cuantificar la extensión (alrededor del promedio) de un proceso específico o la característica de un producto.

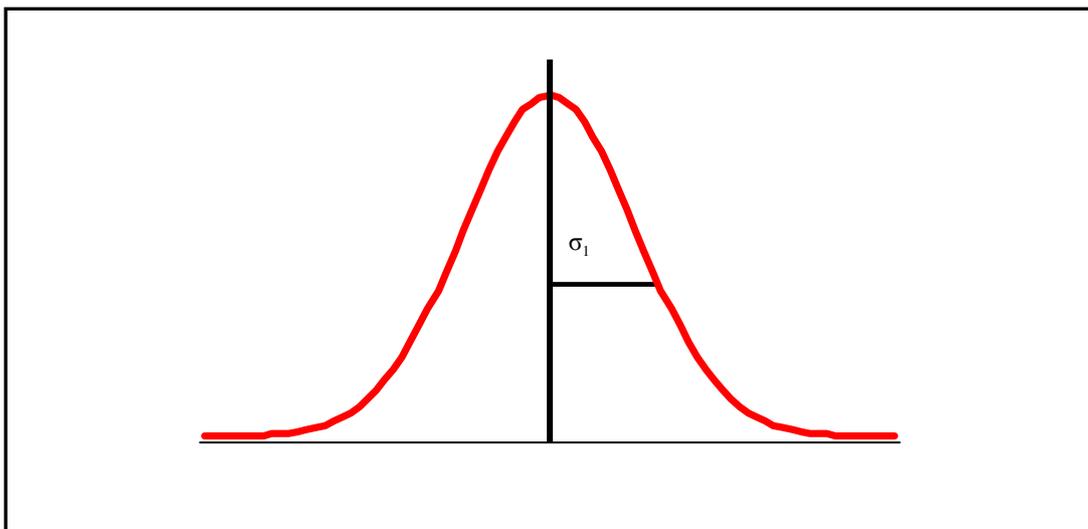


Figura (a)
Histograma de Distribución

Antecedentes para la Relevancia de la Introducción Sigma a la Distribución Normal

- Distribuciones normales, o curvas de campana, son simétricas y tienen una forma de campana, como se muestra abajo. Sigma es una medida estadística usada para describir el ancho de una distribución. Para una muestra, un “sigma” se refiere como una desviación estándar.

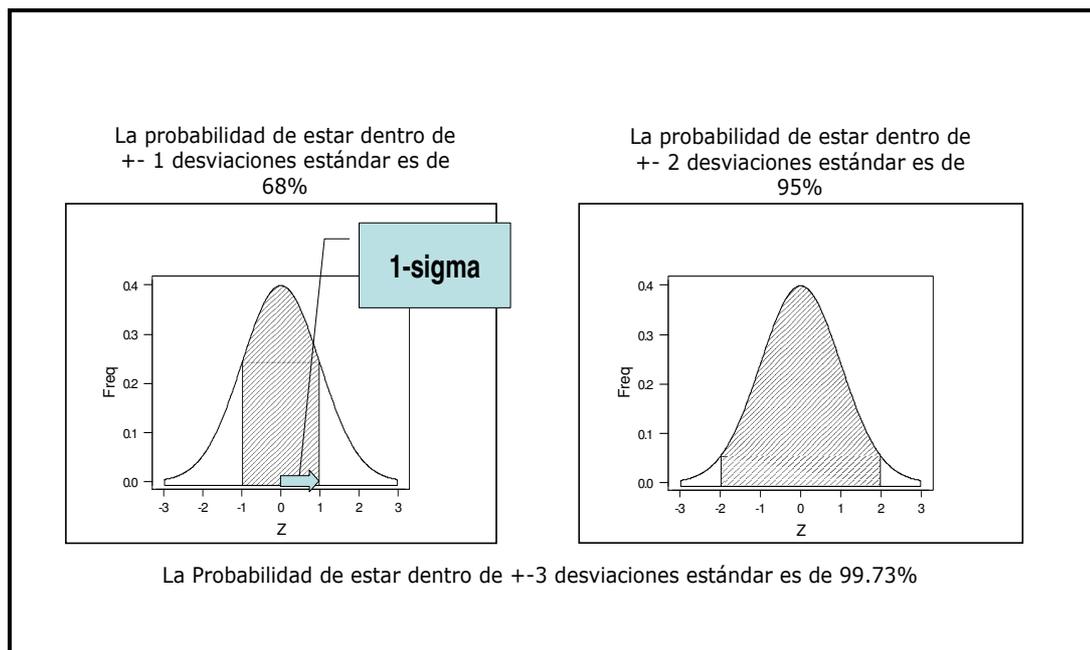


Figura (b)
Distribución de Probabilidades

Nivel sigma

El nivel Sigma (σ) también puede ser usado como una medición de negocios para indicar el desarrollo de un producto, proceso o servicio a la especificación del cliente.

Puede ser definido de dos maneras:

- Sigma de Proceso : Número de desviaciones estándar que caben dentro del promedio y el más cercano nivel de especificación

- Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO) : Una medida de la cantidad de oportunidades de defectos producidos por un proceso.

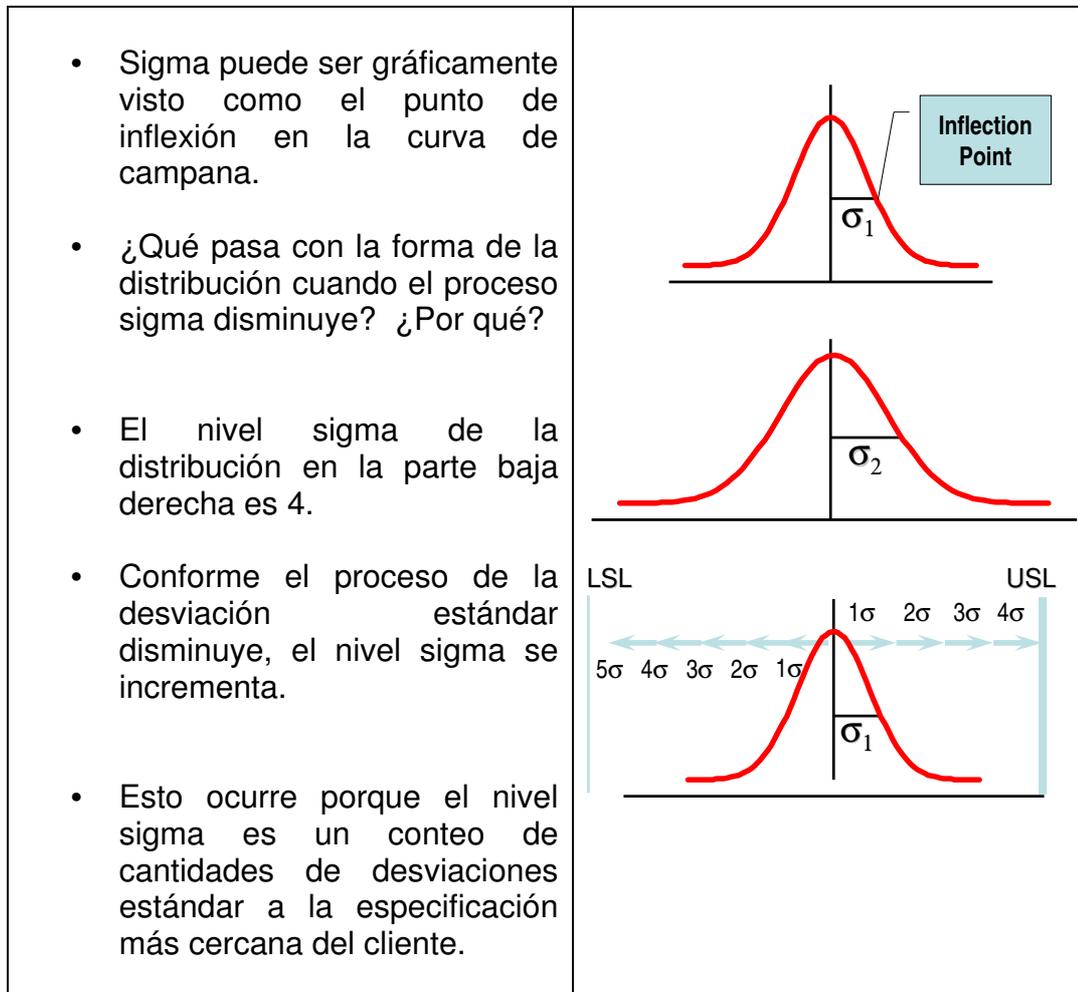


Figura (c)
Nivel Sigma

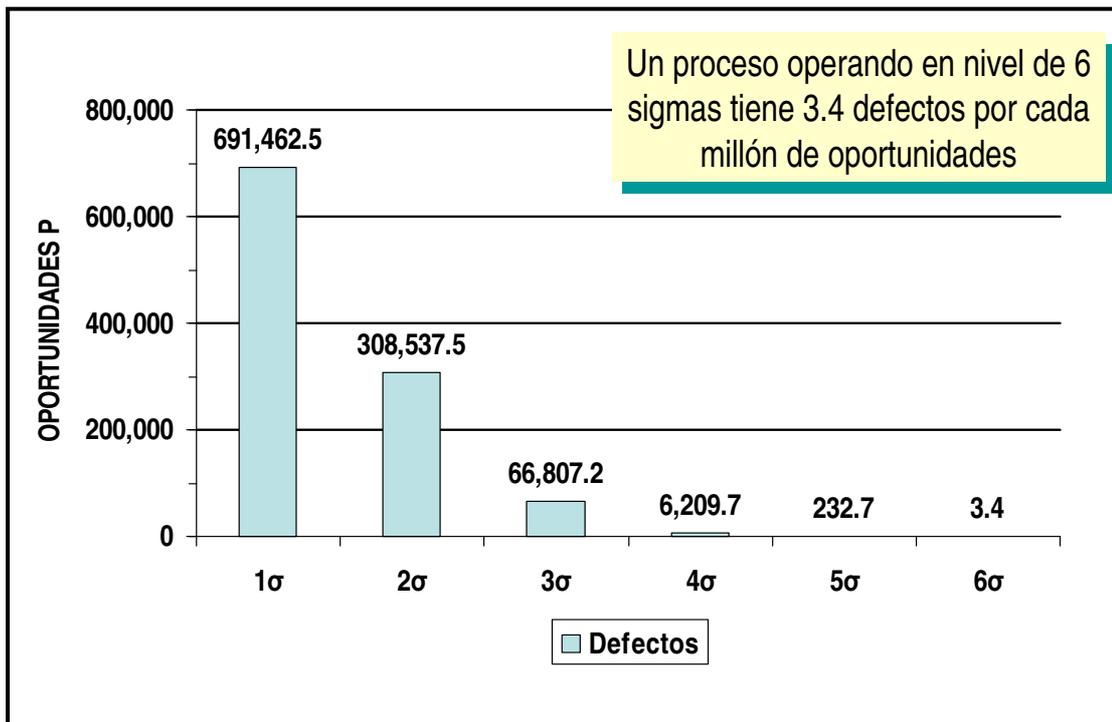


Figura (d)
Nivel sigma basado en Defectos por Millón de Oportunidades.

¿Es 99% suficientemente bueno?

Algunos ejemplo de cómo un 99.0% de precisión afecta el servicio de calidad.

Nota: un 99% de rendimiento es tan solo un poco menos de 4σ.

- Un hospital operando a un 99.0% de precisión le podría provocar darle un bebe a los padres equivocados 10 veces cada 1000 nacimientos.
- Trabajando en un nivel de Six Sigma, el porcentaje baja a solo 4 cambios de bebes por cada MILLON de nacimientos.

Así que, como usted puede ver, hay un costo real de asociación con los productos y servicios de baja calidad.

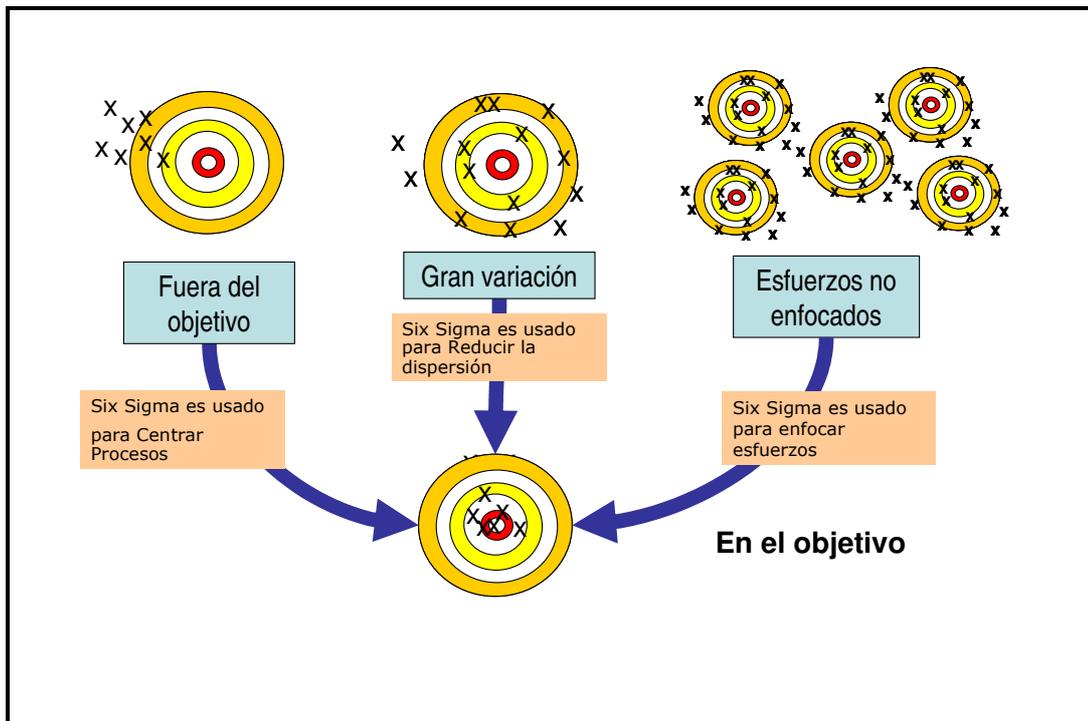


Figura (e)
Como Six Sigma puede hacer la diferencia

Six Sigma y el Costo de Baja Calidad.

Los costos asociados con encontrar y arreglar errores, incluyendo defectos son llamados “Costo de Baja Calidad” o COPQ y puede incluir implícitamente estos costos:

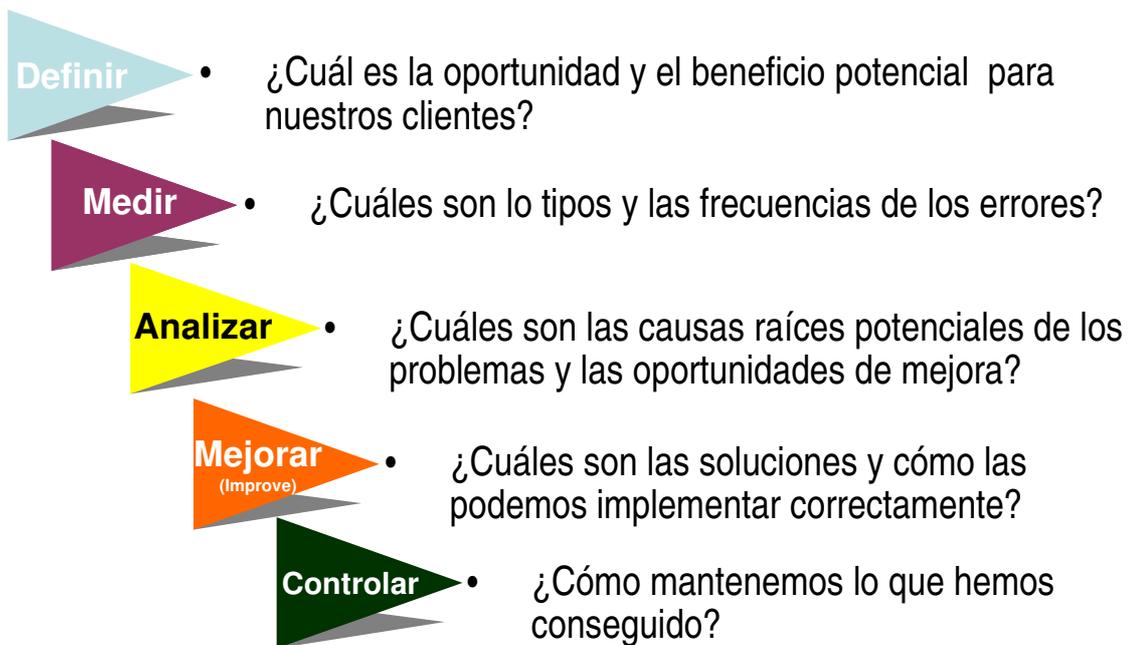
- Fallar en alcanzar las expectativas de los clientes al primer intento.
 - Encontrar y arreglar defectos
- Pasar por alto cualquier potencial de altos beneficios.
 - Incrementar el tiempo de ciclo
- Pagar trabajos asociados con ordenar reemplazos de materiales.
 - Dan como resultado costos asociados a las pérdidas.
- El COPQ a menudo excede el margen de utilidad reportado y puede ser tan alto como un 25 – 40 % de las ventas para el promedio de la compañía.
- El COPQ se convierte en un costo organizacional oculto cuando es absorbido dentro de la estructura de costo estándar.

Enfoque de Six Sigma a la Información

Six Sigma se enfoca a racionalizar una organización contando con la información más que en las opiniones.

- Usar información adecuadamente para medir, analizar, mejorar y controlar el desarrollo, es la base de la metodología Six Sigma.
- Las decisiones basadas en información contra las típicas prácticas del “yo creo”, “yo siento” o “en mi opinión”.
- La información debe de estar disponible para todos en la organización, junto con cualquier herramienta que sea necesaria para analizarla.

Optimizando procesos existentes usando el proceso de solución de problemas DMAIC.



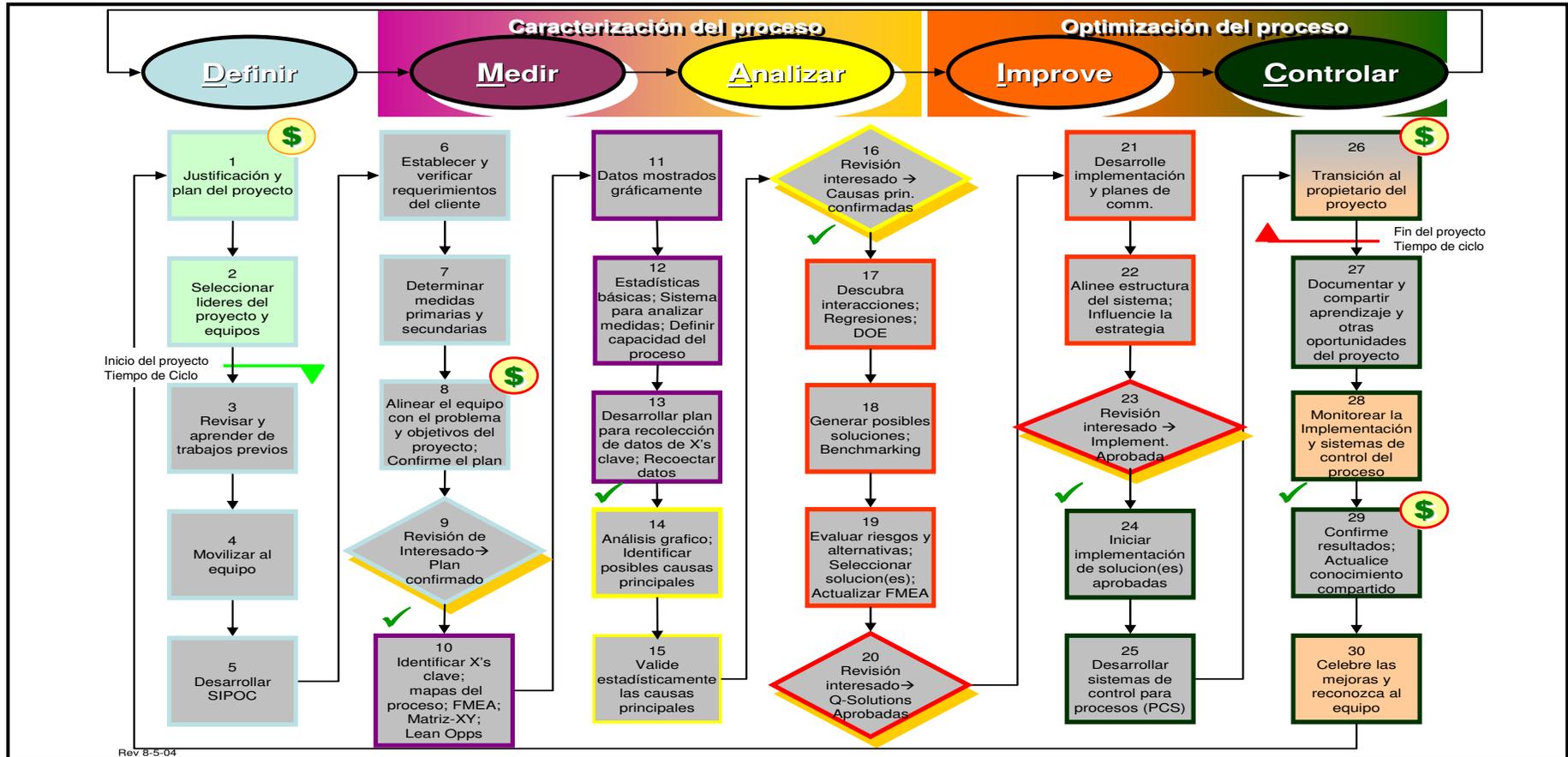


Figura (f)
Diagrama de flujo Seis Sigma DMAIC

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 GENERALIDADES

En la concentradora Antamina se procesan diversos tipos de mineral:

- M1 Cobre - Molibdeno bajo Bismuto (Bi < 20 ppm)
- M2 Cobre con Molibdeno alto Bismuto (Bi > 20 ppm)
- M4 Cobre – Zinc alto Bismuto (Bi > 20 ppm)
- M4A Cobre – Zinc alto alto bismuto (Bi > 20 ppm)
- M5 Bornita bajo Zinc
- M6 Bornita alto Zinc

En las campañas de M1 (66% de tonelaje total en 2006) se obtuvieron recuperaciones de Molibdeno en el circuito de separación que van desde 78% a 97% teniendo una variabilidad en el proceso que puede ser minimizada, como consecuencia la recuperación promedio incrementaría.

En resumen la declaración del problema es:

“Cuando procesamos mineral M1 durante el periodo Enero 2006 hasta Julio 2006, las desviaciones del proceso y contratiempos causan pérdidas de Molibdeno en los Concentrados de Cobre en el 16.4% de los eventos”.

1 .1 .1 Objetivos

Los objetivos principales de este proyecto son los siguientes:

- Aumentar recuperación de Molibdeno en el circuito de separación Cu-Mo en 0.83%.

- No afectar el grado de Concentrado Rougher de Molibdeno.
- No incrementar el consumo de reactivos.

1.1.2 Límites del Proyecto

- Este proyecto se enfoca solo en la etapa Rougher del circuito de Separación Cu-Mo.

1.1.3 Restricciones

- El proyecto no considera la configuración de la planta en modo Scavenger.
- Sólo se considera en Rougher extendido. Ver Flowsheet en anexo A0

1.1.4 Alcance del Proyecto

- El proceso empieza con la recepción de concentrados en el tanque de almacenamiento TKF 063 – TKF 065.
- El alcance del proyecto incluye tanque acondicionador y celdas rougher del circuito de separación Cu-Mo.
- El alcance del proyecto no incluye: celdas de limpieza del circuito de separación, remolienda de concentrados, espesadores, Rougher Cobre.

1.1.5 Línea Base

La línea base es la recuperación durante el periodo Enero – Julio 2006. La muestra es tomada del compósito de las muestras de cabeza, concentrado y relave durante 24 horas.

Se realiza un balance metalúrgico y se calcula la recuperación del día. Esta es usada como línea base para ser comparada luego de implementar las soluciones.

La línea base contempla recuperaciones que van desde 78% hasta 98% dando como media **88.96%** con una desviación estándar de **7.82**.

1.2 Planteamiento del Problema

Las recuperaciones de Molibdeno en la planta de separación Cu-Mo tienen alta variabilidad que se puede observar de dos maneras:

- A iguales contenidos de Mo en la Cabeza de mineral se obtienen diferentes contenidos en las colas.
- Si traducimos esta grafica (ver fig.01) a recuperación, podemos decir que a iguales contenidos de Mo en la cabeza de mineral se obtienen diversas recuperaciones.

Lo que se pide es eliminar estas pérdidas de Mo en Concentrados de Cobre haciendo que la recuperación de este metal incremente.

La gráfica siguiente representa el planteamiento del problema.

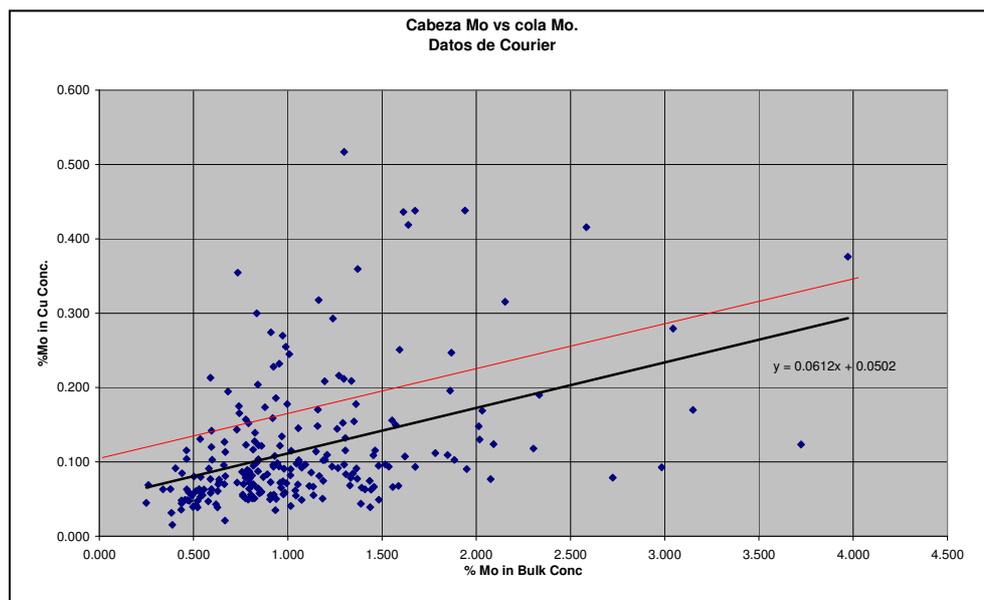


Fig. Nº 01: Relación cabeza vs. cola Mo.

1.3 Métrica Primaria

La Métrica Primaria es uno de los indicadores que se usa para medir el éxito:

Debe ser consistente con la Definición del Problema y del objetivo.

Debe ser representada con un gráfico de series de tiempo que contenga las siguientes líneas:

- Rendimiento de Línea Base (promedio en los últimos meses, si fuese posible)
- Rendimiento Real
- Meta de rendimiento del proyecto
- Meta de rendimiento del negocio (sí es conocido)

Para nuestro caso, si relacionamos Cabeza, Cola y Concentrado del circuito tendremos la métrica primaria, y es designada como la Recuperación:

$$\text{Recuperación} = \frac{(\text{Ley Cabeza-Ley cola}) * \text{Ley Conc.}}{(\text{Ley Conc} - \text{Ley Cola}) * \text{Ley Cabeza}}$$

Si graficamos % **Recuperación de Mo vs. Ley de cabeza** (ver fig. 02) nos damos cuenta que existen recuperaciones bajas para una misma ley de cabeza.

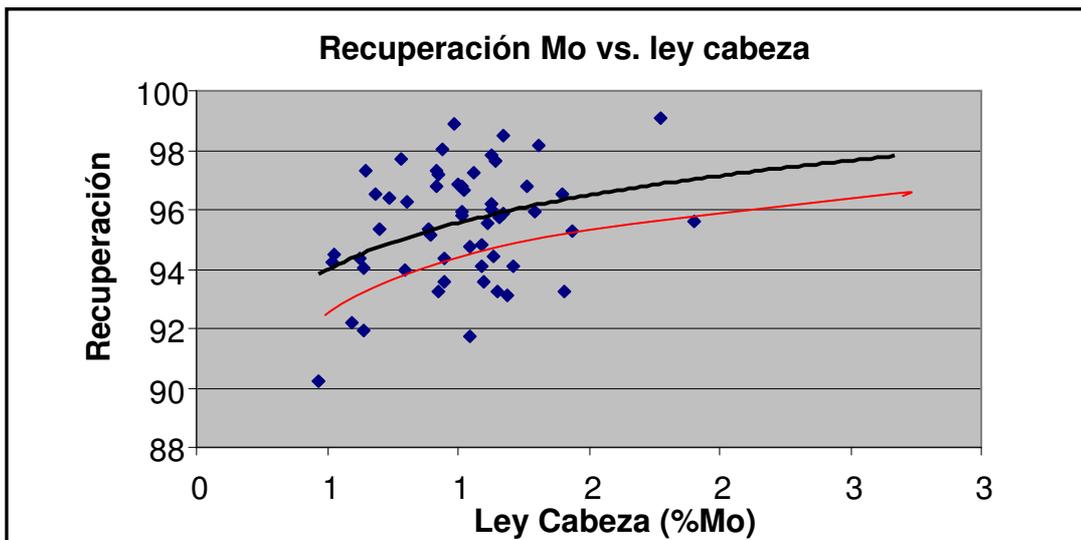


Figura N° 02 : Recup. Mo vs Ley cabeza

1.4 Métrica Secundaria

La(s) métrica(s) secundaria es la conciencia que lo ayudará a mantenerse “honesto”, monitorea potenciales consecuencias negativas y pueden requerirse más de una.

En el presente proyecto se considera como métrica secundaria el Contenido de Cobre en el concentrado Rougher y el consumo de reactivos.

Esto con el fin de mantenernos dentro de los márgenes de consumos y calidades de Concentrados.

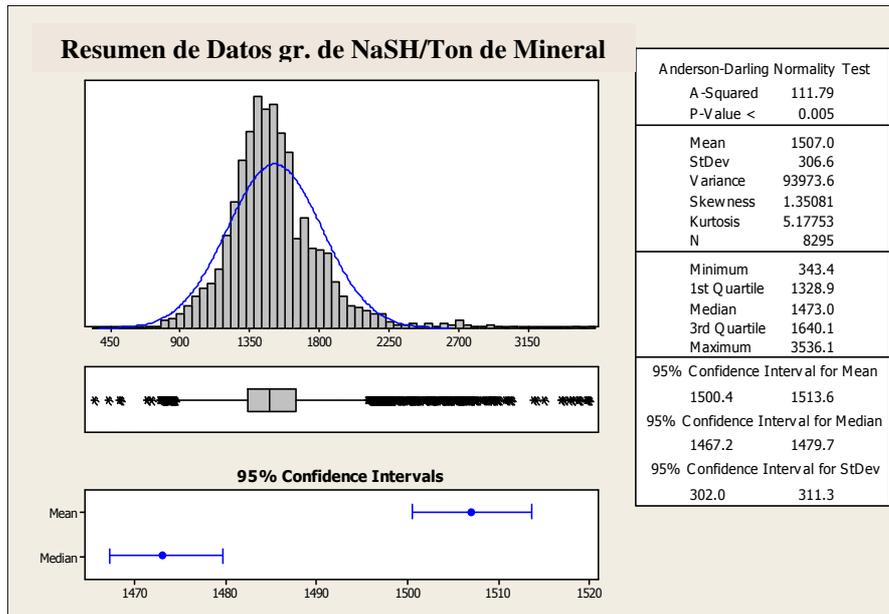


Figura N°03 : Histograma de consumo de NaSH

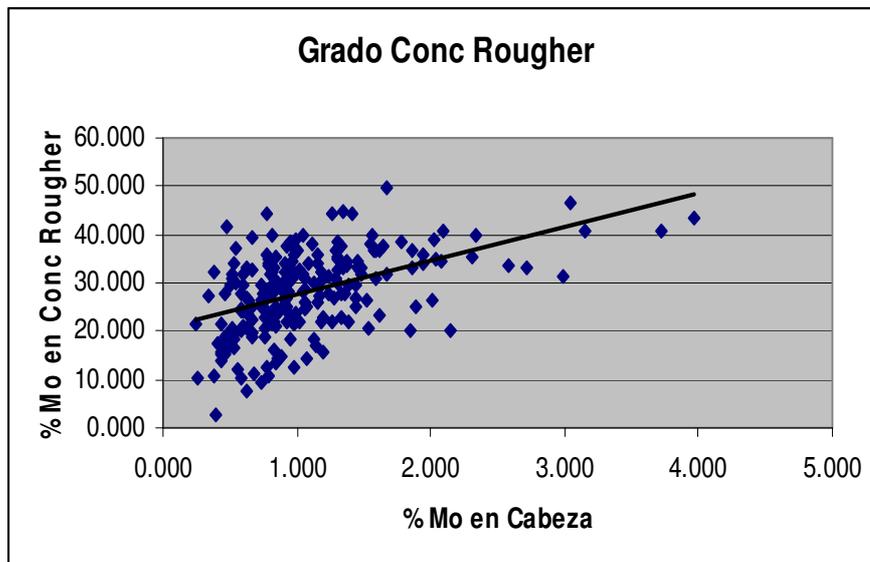


Figura N° 04: Contenido de Mo en concentrado

1.5 Requerimientos del Cliente. (VOC)

La VOC es la suma total de las necesidades que expresan todos los grupos de clientes.

La VOC debe reflejarse en la métrica primaria del proyecto.

Confirmar la VOC es un paso crítico de un proyecto exitoso Six Sigma.

En el fondo Six Sigma consiste en cumplir o exceder las expectativas del cliente.

Muchos proyectos fracasan porque la VOC no se captura o no se confirma correctamente.

Utilizamos la **Matriz de Traslación** para traducir los comentarios del cliente a requerimientos y se obtuvo lo siguiente: (ver Tabla 01)

- 1.- Eliminar colas altas de Molibdeno.
- 2.- Maximizar la recuperación de Mo en el circuito de separación.
- 3.- Mantener la calidad del concentrado de Molibdeno.
- 4.- Estandarizar la operación de las guardias y criterios de operación.
- 5.- Mantener o disminuir el consumo de reactivos.
- 6.- No impactar a la seguridad.
- 7.- No impactar al medio ambiente.
- 8.- Consumo de Nitrógeno
- 9.- Consumo de CO₂

Necesidades del cliente		Importancia (1-10)	Satisfaccion del cliente				
Generales	Especificas (CTQs)		1	2	3	4	5
Eficiencia	Eliminar altas colas Mo (% Mo en colas)	9	x				
	Maximizar Recup Mo (%Mo en Colas)	9		x			
	Estandarizar operación guardias Mantener calidad de Molibdeno.	8			x		
Costos	Consumo de reactivos (gr./ton)	7				x	
	Consumo de N ₂	6				x	
	Consumo de CO ₂	5			x		
Seguridad	No impacto al medio ambiente	7			x		
	No impacto a la seguridad	9			x		

Tabla N^o 01
MATRIZ DE TRASLACION

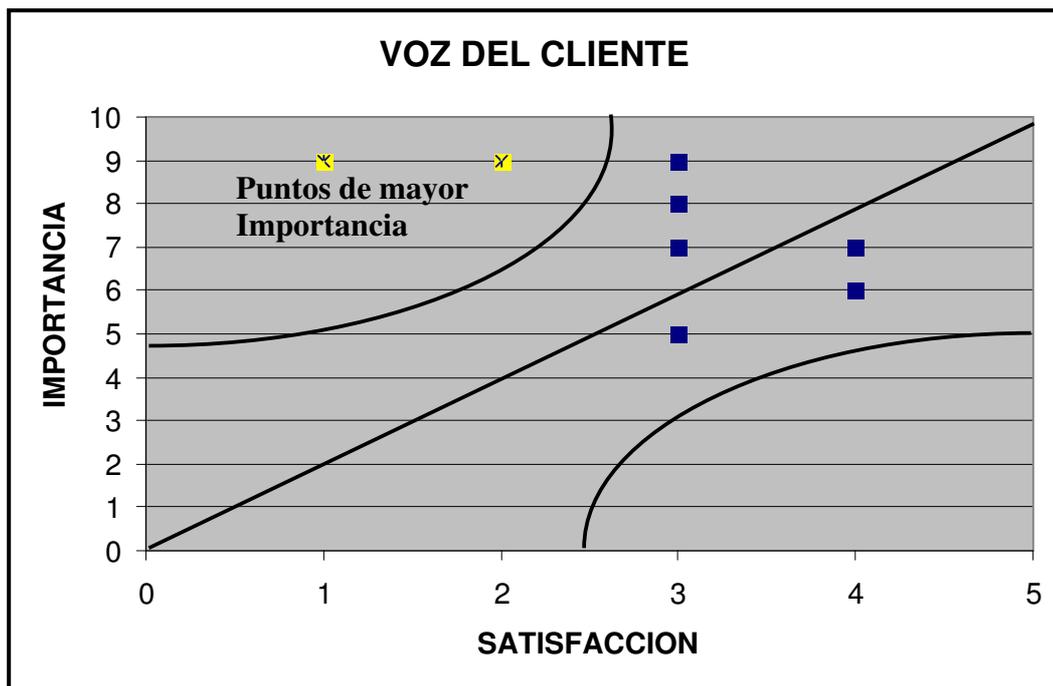


Figura N° 05: Voz del cliente

De la Figura N° 05 y la Tabla N° 01 se determina que para el cliente lo más importante es eliminar las altas colas de Molibdeno y por ende aumentar la recuperación.

Esto será preponderante al momento de enfocar el análisis del proyecto.

1.6 Acotando el proyecto

En el inicio del proyecto se observó que la variabilidad del proceso era un problema y no se tenía identificado la causa que originaba estas desviaciones.

Se realizó una grafica de recuperaciones por área para determinar cual es la que mas impactaba en el proceso total de recuperación.

Este grafico incluía la recuperación en la etapa Rougher y Cleaner comparando con la total. Esto sirvió para enfocar el proceso de análisis en la etapa Rougher que es la que más aporta en recuperación.

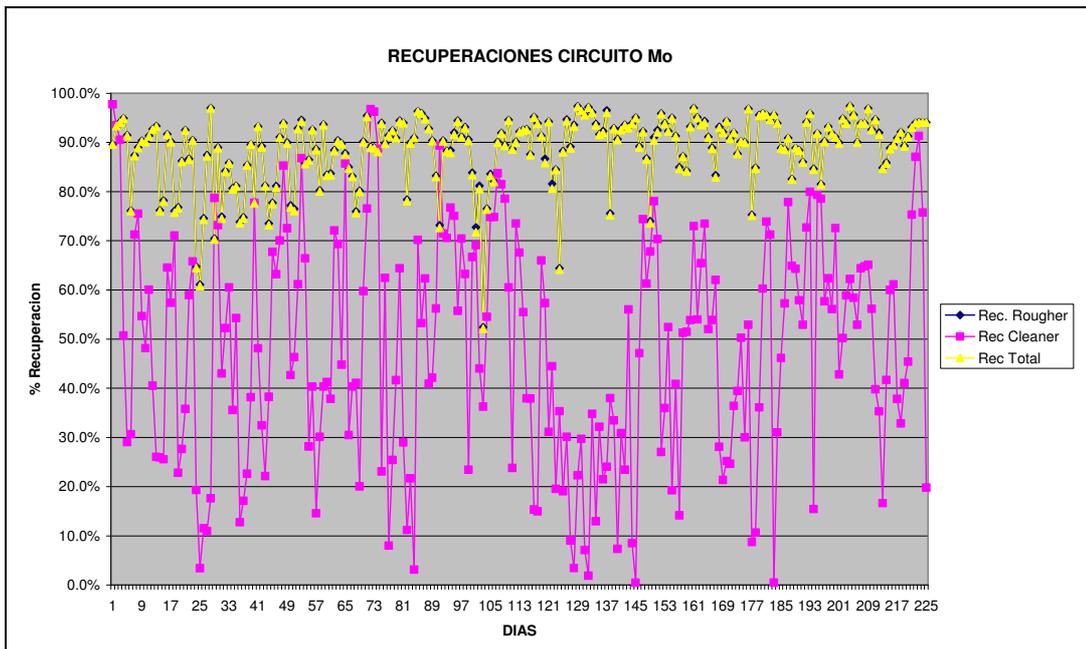


Figura N° 06: %Comparación de Recuperación Total vs. Rougher y Cleaner

Comentario: A cualquier valor de recuperación en la etapa Cleaner, la recuperación Total esta siendo afectada directamente por la recuperación Rougher.

1.7 Herramientas de aceptación

DISCURSO DE BOLSILLO

Somos un equipo que está trabajando en mejorar la recuperación de Molibdeno en el circuito de separación Cobre Molibdeno. Este proyecto es importante porque tiene un alto impacto en la organización y nos permitirá obtener ganancias de hasta 1.6 millones.

Ver Anexo A.1. y A.2, y Figura N° 22: Otras herramientas para la aceptación del proyecto.

1.8 Equipo de Trabajo

Para lograr el objetivo propuesto la metodología Six Sigma propone la formación de un equipo de trabajo liderado por un Black Belt quien será el encargado de desarrollar las herramientas del Six Sigma y obtener la información que servirá al análisis del problema. Este equipo estuvo conformado por personal de todas las guardias y áreas involucradas en el proceso.

Ver Anexo A.3. Equipo de trabajo.

1.9 SIPOC (Supplier – Input – Process – Output – Client)

Como un primer paso para poder enfocar el proyecto en el proceso se levantó la información de primer nivel, en donde se considera y detalla los elementos que intervienen como proveedores, clientes, entradas y salidas, además marca el inicio y fin del proceso que se va a mapear.

En este proceso se resaltó la voz del cliente, los requerimientos, resultados y procesos que conforman el área a analizar.

El SIPOC es una visión del Charter que ayuda a alinear al equipo en cuanto al alcance y a las metas del proyecto.

Un SIPOC se usa para definir el proceso en su generalidad y para identificar los componentes claves:

Supplier .- El que entrega los ingresos (inputs) para su proceso.

Inut. - Materiales o datos a los que el proceso les hace algo.

Process.- Actividades que se deben realizar para satisfacer los requerimientos del cliente.

Output .- Material o datos que resulten de la operación del proceso.

Client.- El que recibe el resultado (output) del proceso.

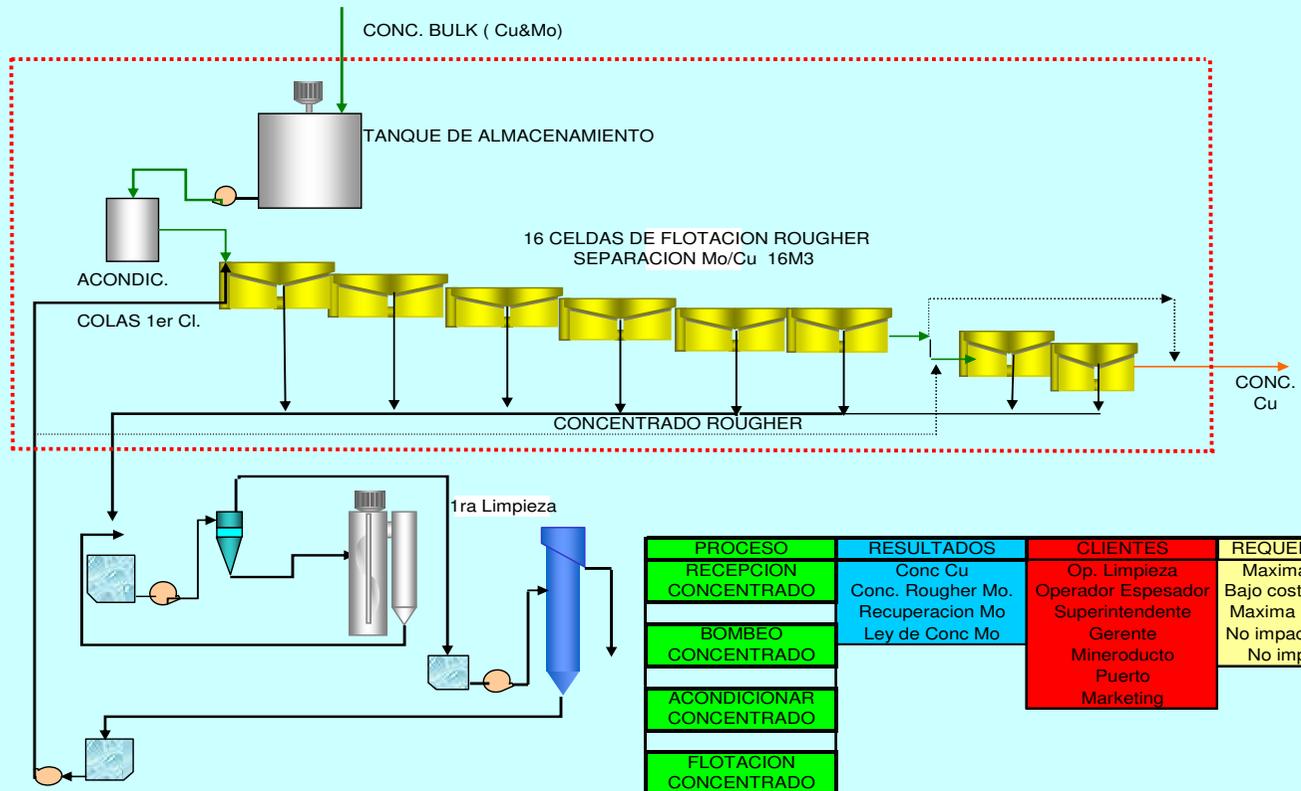
SIPOC

Mejora de la Recuperación de Mo en el circuito de separación Cu-Mo

LIDER DEL PROYECTO	Christian Larsen
DUÑO DEL PROCESO	Javier Linares
BLACK BELT	Ronald Diaz
EQUIPO	D.Estrella, H.Lopez, W.Aquino, S.Rodriguez, W.Marrufo J. Carrion, A.Inciso.

PROVEEDORES	INGRESOS
Circuito Cobre	Conc. Bulk
	% Solidos
	Ley Mineral *
	Mineralogia
Circuito Limpieza	Colas 1ra Limpieza
Dam D	Agua Fresca
Tailing Dam	Agua Proceso
Tessenderlo	NaSH
Mobil	FuelOil
Praxair	CO2
Renasa	SIPX
Charles Tennant	Carbon Activado
Limpieza	Recirculacion
Planta N2	N2
Blowers	Aire

* Ley de Mineral
Cu-Fe-Zn-Mo-As
Mineralogia
Calcopirita
Sulfosales
Bornitas
Oxidos Cobre
Molibdenita
Gangas



PROCESO	RESULTADOS	CLIENTES	REQUERIMIENTOS
RECEPCION CONCENTRADO	Conc Cu Conc. Rougher Mo. Recuperacion Mo	Op. Limpieza Operador Espesador Superintendente	Maxima recup Mo Bajo costo produccion
BOMBEO CONCENTRADO	Ley de Conc Mo	Gerente Mineroducto Puerto Marketing	Maxima ley Conc Mo No impacto seguridad No impacto M.A.
ACONDICIONAR CONCENTRADO			
FLOTACION CONCENTRADO			

Figura N° 07: Diagrama SIPOC

CAPITULO II

Medición de Variables

2.1 Mapeo del Proceso – Process Icon

Luego de levantado el Proceso de visión general con el SIPOC es necesario realizar un mapeo que nos permita visualizar cuales son los pasos que se deben seguir para producir un concentrado de Molibdeno.

Este mapeo también nos permitió identificar áreas en donde es necesario mejorar el proceso y también es de ayuda para identificar áreas donde existe recolección de datos y alinear a todas aquellas personas involucradas en mejorar el proceso.

El mapa de proceso que se levantó permitió documentar la forma en que se ejecuta la tarea, las debilidades y fortalezas del proceso.

En este proceso empezamos a identificar las variables (X's) que afectan nuestra métrica primaria (Recuperación) y cómo están relacionadas.

Se identificaron 10 procesos que empezaban en la distribución, almacenamiento y agitación de Concentrados, pasando por un bombeo de estos hacia el acondicionamiento con reactivos y pasar por 7 etapas de flotación Rougher.

Se identificó como variables de ingreso la carga fresca del espesador bulk, la recirculación de la primera limpieza y de la bomba sumidero de pisos. (Ver Anexo B.1)

En este mapeo se identificó los procesos que agregan y no valor para luego usar el Proces Icon como herramienta para ingresar a cada una de estas etapas.

El Process Icon es una herramienta que nos permite visualizar sobre cada parte del proceso que información, productos, recursos tenemos en el ingreso y salida del proceso, además se analiza los aspectos de seguridad y Controles del mismo. (Ver Anexo B.2)

2.2 Matriz XY

Una matriz XY debería permitir a todas las personas involucradas en el proceso ponerse de acuerdo sobre los resultados críticos del producto y/o cliente.

A través de la ordenación numérica, esta matriz permitirá al equipo asignar un nivel de importancia a cada variable del producto.

A través de la asociación, la matriz permitirá al equipo evaluar numéricamente el efecto de cada X sobre cada Y.

Este es el primer intento del equipo por determinar $Y = f(X)$.

Finalmente, este documento conducirá el camino a un área de enfoque en el proceso FMEA.

La Matriz XY es una herramienta que usa el Black Belt para enfocar la interacción de las variables.

Las personas que deben estar en la elaboración de esta matriz es el equipo enfocado que está trabajando en el proyecto de innovación.

Cualquiera que haya tenido o tenga un papel en la definición, ejecución o cambio del proceso, están:

- Operadores
- Técnicos de Mantenimiento
- Ingenieros
- Supervisores
- Gerentes
- Ingenieros de Diseño

Se recomienda obtener información y verificación del CLIENTE.

Realizado el levantamiento de las variables en el mapeo y el icono de proceso se procede a realizar la matriz XY para darle un peso a las variables encontradas respecto a las necesidades del cliente.

Con esto se obtiene un ranking de las variables y poder analizar sobre las que mas significancia dio en la evaluación. De las 51 variables encontradas se priorizan 18 que obtienen el mayor puntaje de impacto a las necesidades del cliente (Ver detalle de Matriz XY en Anexo B.3).

Estas variables encontradas son clasificadas en dos grandes grupos: Variables Controlables y Variables de Procedimiento, Ruido.

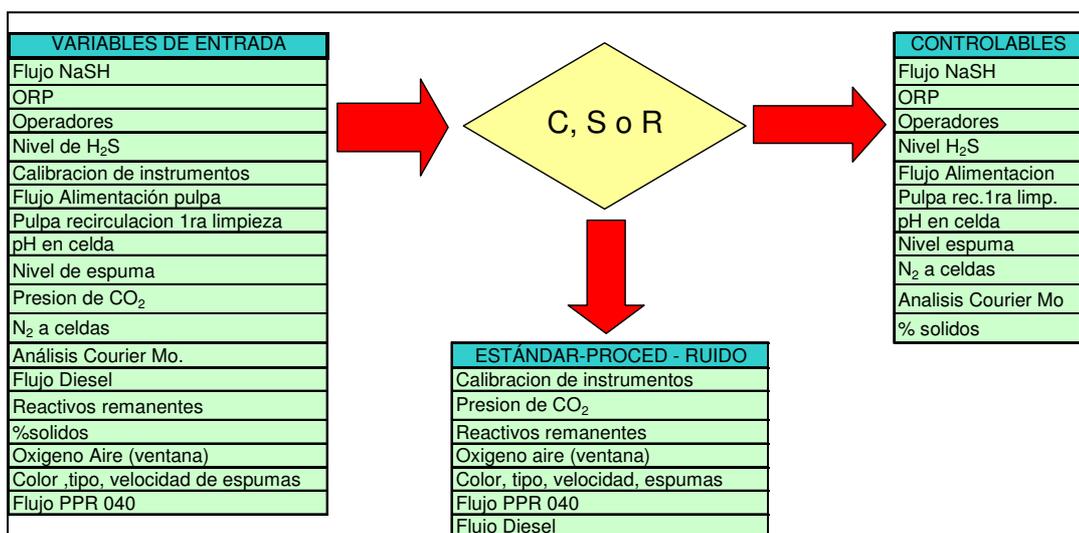


Figura N° 08:
Clasificación de las variables

Para las variables identificadas como estándar y procedimiento se tomaron acciones inmediatas a fin de eliminar o minimizar el impacto de estas en el proceso.

Se realiza una calibración de todos los equipos, reubicación de flujos de bombas sumidero y procedimientos de operación, con esto se logra una mejora en comparación con los datos iniciales del proceso (Just do it). (Ver figura N° 09)

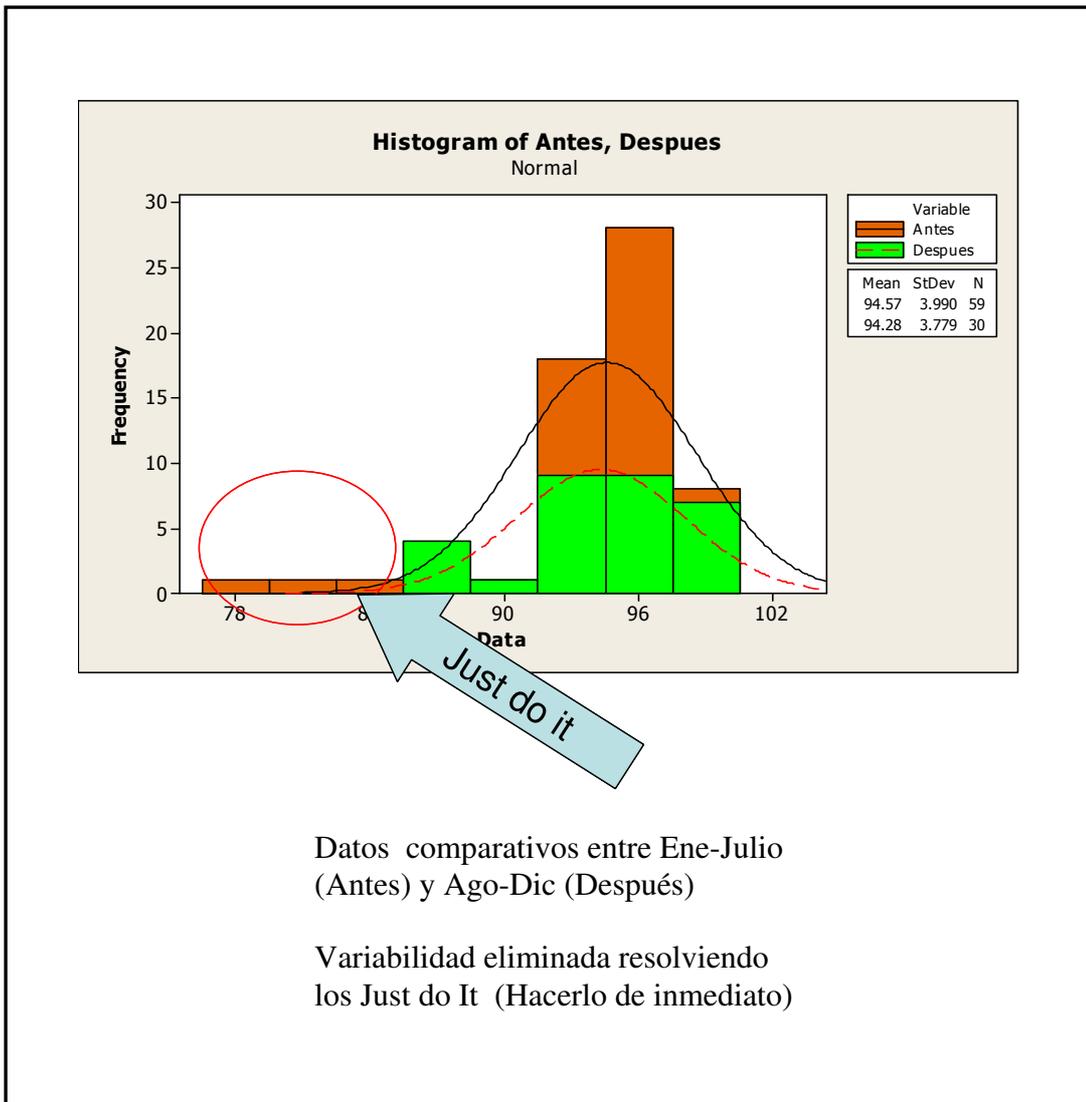


Figura Nº 09: Histograma comparativo Antes vs Después

2.3 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis = Análisis de Modo y Efecto de Fallas)

Las variables controlables son identificadas en que parte del proceso se encuentran para poder realizar un Análisis de Modo de Falla de este proceso y tener algunas sugerencias aún cuando no se han comprobado su interacción con la métrica primaria.

También en el FMEA se logran identificar algunas variables más que no fueron consideradas en la matriz XY. En el presente proyecto, no

se tuvo mas variables identificadas, pero si, algunas acciones recomendadas para minimizar causas potenciales de falla que afectarían a alguna parte del proceso en evaluación. (Ver Anexo B.4).

2.4 Análisis Sistema de Medición (MSA)

Los sistemas de medición usados para enfocar el proyecto son de diversas fuentes. Todos los sistemas de medición usados son validados para garantizar que los datos a usar están dentro de los parámetros de exactitud, precisión y puedan ser datos confiables para el próximo paso de análisis.

2.5 Validación de la Y (Recuperación)

Los datos para obtener la recuperación son obtenidos del laboratorio químico, para poder validar los datos que nos proporciona laboratorio químico se procede a realizar un estudio de Gage R&R (Reproducibilidad y Repetibilidad) que nos proporcionara información acerca de la repetibilidad de los datos que nos pueden proporcionar los distintos operadores y analistas para una misma muestra.

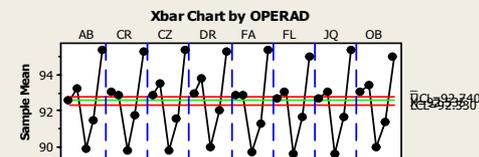
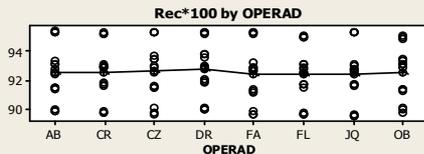
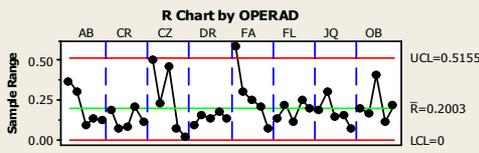
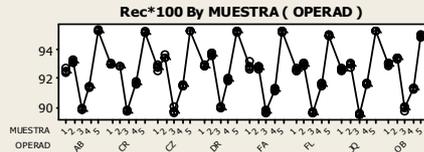
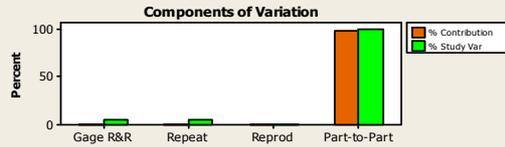
Para lograr este análisis se procedió a enviar 5 muestras de cada parte del proceso y se hizo analizar por el 50% de los operadores y analistas aleatoriamente.

El resultado para este proceso fue de validar los resultados obtenidos según los parámetros de control del estudio Gage R&R.

MSA para Recuperacion

Gage name: Validacion Recuperacion
Date of study: 02 Agosto

Reported by: RDV
Tolerance:
Misc:



Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

Source	%Contribution	
	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.01535	0.37
Repeatability	0.01535	0.37
Reproducibility	0.00000	0.00
Part-To-Part	4.16152	99.63
Total Variation	4.17687	100.00

Source	Study Var %Study Var		
	StdDev (SD)	(5.15 * SD)	
Total Gage R&R	0.12391	0.7434	6.06
Repeatability	0.12391	0.7434	6.06
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00
Part-To-Part	2.03998	12.2399	99.82
Total Variation	2.04374	12.2624	100.00

Number of Distinct Categories = 23

Figura Nº 10:
Análisis del Sistema de Medición para datos de Recuperación

De este análisis se concluye que la Recuperación calculada por datos obtenidos de laboratorio tiene una desviación estándar de 0.12 y lo que pretendemos medir como mejora es de 0.86 por lo que podemos decir que nuestro sistema de medición de la Y es el adecuado y alcanza para medir la mejora.

2.6 .- Validación de las X's

Para la validación de las X's se empleo un estudio de Gage R&R continuo por tener variables de operación continuas. El resultado del análisis fue el siguiente:

VARIABLE (X)	OBSERVACION
Flujo NaSH	Válido en 4 puntos analizados
ORP	Válido en 3 puntos analizados
pH	Válido en el 1er banco – No valido en el 2do y 6to banco
Flujo N ₂	Válido en el Master , Total, 1er y 2do banco
Flujo Alimentación	Válido
% Sólidos	Válido en el punto analizado
Nivel Celdas	Válido en el 1er, 2do y 7mo banco
Courier	Válido en %Mo en cabeza y Cola
Courier	No válido en %Mo en Concentrado y %Cu en cabeza, cola y concentrado
Recirculación Mo	Válido por ser dato de Laboratorio Químico
Operador	Análisis de DSA. Válido
Nivel H ₂ S	Válido por tener certificado de Calibración

Tabla Nº 02: Análisis para validación de Variables

Ver detalles de Validación en Anexo B.5

Al tener validadas las variables y el courier en Cabeza y Cola se procedió a realizar las comparaciones entre las variables y los datos del Courier.

2.7 Capacidad de Proceso

Para saber cual es la capacidad inicial del proyecto (Valor Sigma) se realizó un análisis del mismo y se determinó que estábamos en 1.02 Sigmas según el análisis siguiente:

Los datos obtenidos de Laboratorio (Recuperación) no tienen una distribución normal por lo que se procedió a evaluar usando el criterio de sospecha de causas asignable y el resto de la data al ser normal se procedió a usar el Process Capability o Capacidad del proceso. (Ver Figura N° 11).

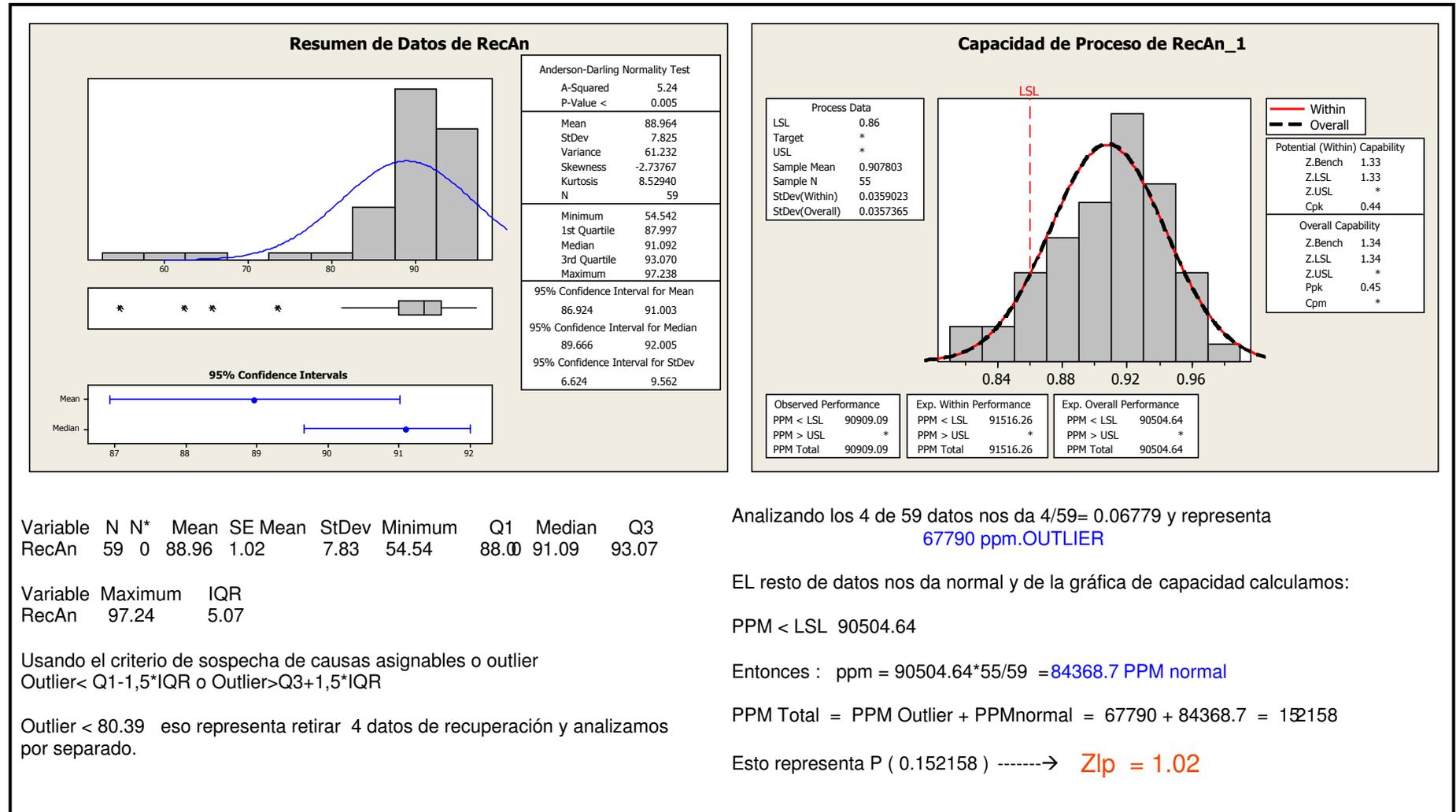


Figura Nº 11: Histogramas de distribución de Datos y Capacidad Antes de las Mejoras

CAPITULO III

Análisis de Variables

En esta etapa del proyecto se analizan las variables de acuerdo a los datos que se tienen, pudiendo realizarse:

- Regresiones
- Correlaciones
- Test de Hipótesis
- Análisis Gráficos

3.1 Regresiones

Esta herramienta se aplica cuando se tienen variables continuas tanto en la Y como en la X.

En el presente proyecto se tienen la Recuperación como variable continua y los parámetros encontrados X's también continuas, procediéndose a la regresión, correlación entre ellas.

Al realizar las primeras relaciones, correlaciones entre las variables y la Y no se obtiene mayor información debido a que las variables están repartidas en todas las partes del proceso y estas cambian todo el tiempo.

La recuperación no depende de una sola variable sino de todas las involucradas en el proceso, reactivos, niveles, aire, ORP, flujo, Operador.

Teniendo la lista con las principales variables que afectan la recuperación se procede a realizar análisis gráficos, estadísticos para verificar el impacto de cada variable en la Recuperación.

Este análisis gráfico nos dará una pista de cuales son las variables que nos están perjudicando la recuperación y cuales son los rangos de operación en los cuales se obtienen las mejores Recuperaciones.

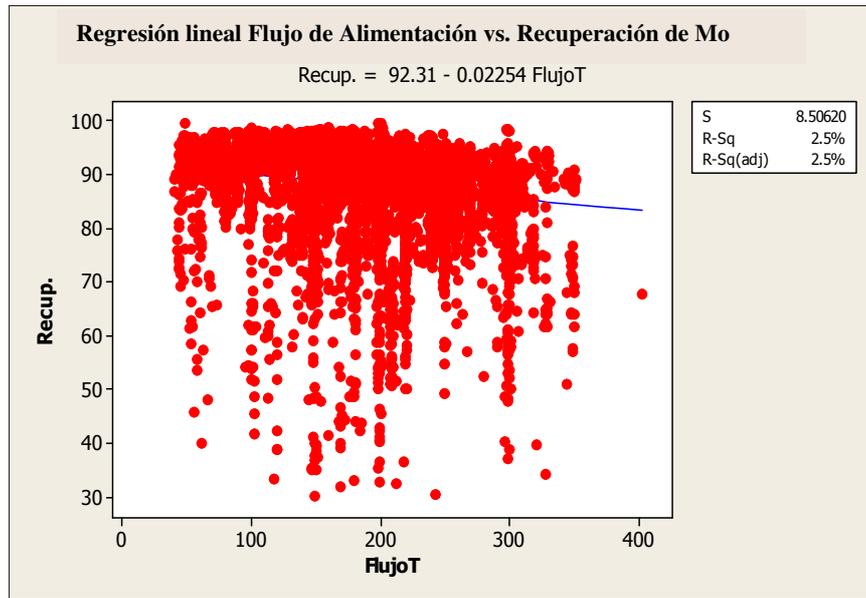
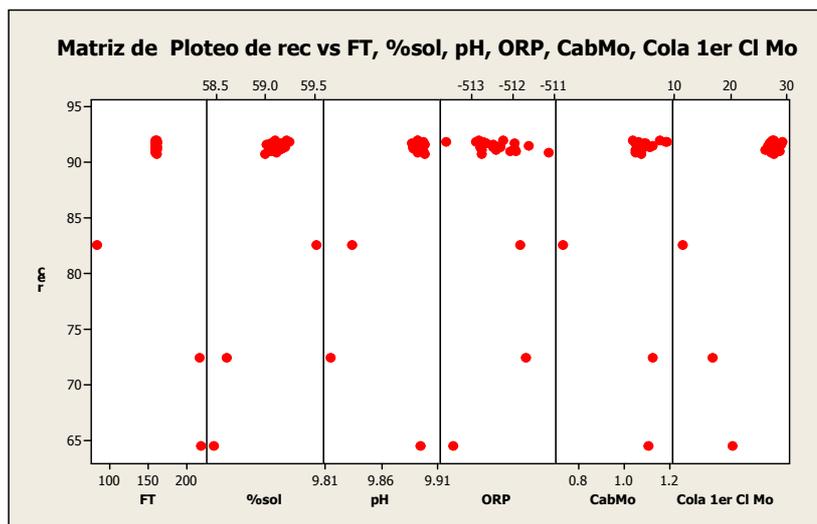


Figura N° 12: Flujo de Alimentación vs Recuperación de Mo

En la regresión entre el flujo de alimentación y la recuperación (ver Figura N° 12) podemos ver claramente que no solo esta variable es la que afecta la recuperación sino la interacción de todas las que se mueven en el proceso. (Figura N° 13)



**Figura N° 13
Análisis Gráfico de Variables vs. Recuperación Mo**

Manteniendo rangos casi constantes tampoco nos da una regresión o correlación entre las variables y la recuperación.

Al tener esta primera barrera se analizó las variables por análisis gráficos obteniéndose algunos rangos de trabajo en donde se obtenían mejores resultados de recuperación. (Ver Anexo C.1, C.2, C.3, C.4)

De este análisis se determinó que el flujo de alimentación, el ORP, la carga circulante son factores que afectan sustantivamente a la recuperación de Molibdeno.

3.2 DOE Histórico

Es una herramienta que se utiliza para comprobar lo hallado con las regresiones, correlaciones o análisis gráficos.

Determinado esto se realizó un Diseño de Experimento - DOE histórico (Ver Anexo C.5) para observar el impacto de las estas variables encontradas en los análisis gráficos y confirmar su influencia, confirmando las primeras observaciones realizadas.

Otro análisis importante realizado es con los Outliers y los días que se obtuvieron buena recuperación, esto confirmó una vez más que las variables que más impactaban era el Flujo de alimentación, el ORP y la carga circulante al circuito.

Un Análisis Especial de Decisión (DSA) fue realizado a los operadores de la planta, este se enfocó en la decisión que toman ellos sobre ciertas características propias de la espuma. El resultado fue que los operadores vs. el estándar tenían un 43.41% de acierto. Una variable mas con la cual se debía trabajar.

3.3 Resumen de Variables

Se puede concluir de cada análisis de variable lo siguiente:

3.3.1. Flujo de alimentación.- variable que afecta la recuperación cuando esta por encima de 200 m³/hr.

3.3.2.- Flujo NaSH .- nos da la condición de ORP y el exceso perjudica la recuperación.

3.3.3.- ORP.- parámetro de control de flotación que no esta siendo observado, en la data histórica analizada se encuentra que en el rango de -505 a -520 mV se obtiene mejores recuperaciones. A valores mayores de ORP (deficiencia de NaSH) la recuperación es menor con respecto al rango. A valores menores de ORP (exceso de NaSH) las recuperaciones son menores.

3.3.4.- Operador.- variable critica por tener diferentes criterios de operación y sustentada con un DSA donde se observa la variabilidad de criterios.

3.3.5.- Nivel de H₂S.- comprobado está que cuando se tiene formación de gas Sulfhídrico la recuperación cae por descarga de celdas, corte de flujos y reactivos.

3.3.6.- Cola de Primera Limpieza.- variable importante porque recarga el circuito cuando este presenta valores altos de Mo.

3.3.7.- pH .- variable no significativa directamente en la recuperación , pero si como interrelación para el ORP y consumo de NaSH.

3.3.8.- Nivel de Celdas.- variable a controlar porque es significativa pero ahora en control con lazo de control.

3.3.9.- Adición de Nitrógeno.- variable controlada que afecta la recuperación. Se aplico un just do it al independizar flujos a cada celda.

3.3.10.- Courier de Molibdeno.- variable importante porque sirve para la toma de decisiones en base a los resultados que da. A pesar que con Test de hipótesis indica que es confiable tiene una alta variabilidad en el rango de entrega de información.

3.3.11. % Sólidos.- variable crítica de operación porque permite mantener las condiciones de flotación constantes.

Ver detalle en Anexo C.

CAPITULO IV

Implementación de Mejoras

4.1 Diseño Experimentos (DOE) ORP–pH – Diesel vs. Recuperación.

En el análisis de variables se tiene una que no se tenía data y no sabíamos si afectaba o no.

El Diesel afecta o no a la recuperación de Mo?

Para respondernos y analizar esta variable se realizó un DOE en laboratorio para observar si había efecto del Diesel en la recuperación.

El resultado de este DOE arrojó que la adición de Diesel no era significativa para la recuperación de Molibdeno en esta etapa del proceso.

Este DOE nos permitió observar la relación entre el pH y el ORP, dos variables que están relacionadas y que en conjunto afectan la recuperación.(ver Figura 14)

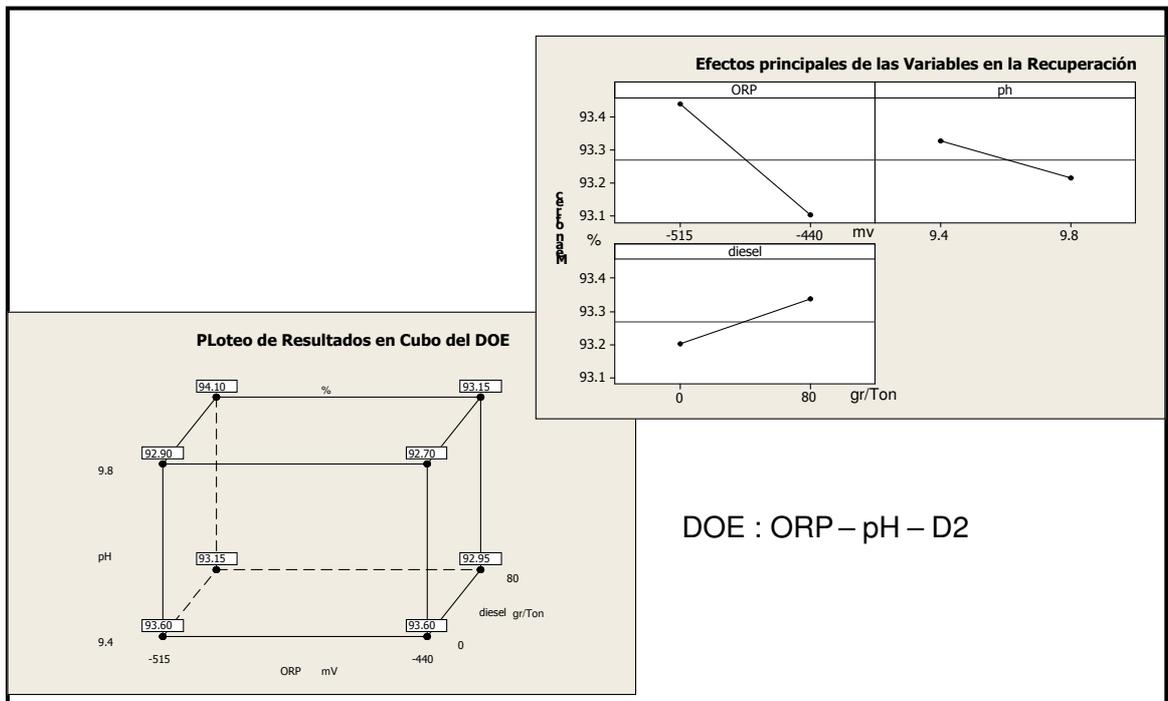


Figura Nº 14: DOE de efectos de distintas Variables en la Recuperación

En la etapa de análisis se observó la interacción del NaSH - pH vs. ORP para lo cual se realizó un DOE para poder evaluar dichas variables.

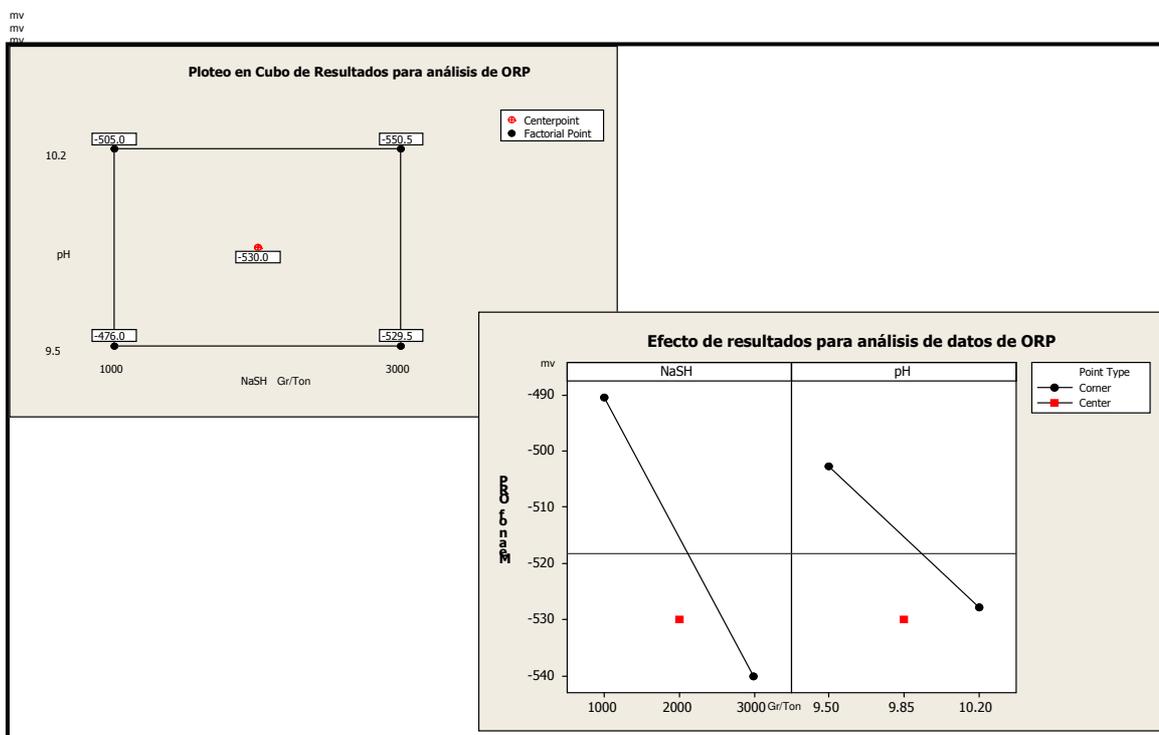


Figura N° 15: Efectos de NaSH-pH Vs ORP en al Recuperación

Se observa en la Figura 15, que no son interacciones lineales y el NaSH tiene un alto impacto en el ORP. Se saca como conclusión que existen rangos de ORP que pueden ser alcanzados con menos adición de NaSH y obtener los mismos valores deseados.

Para lograr valores de ORP no es necesario adicionar exceso de NaSH sino que se puede incrementar el pH por consiguiente el consumo de CO₂ y NaSH se ven disminuidos.

4.3 Matriz de Soluciones.

Se realiza un programa de Tareas para la implementación de soluciones que se cumple en su totalidad y algunas tareas continuas para evitar que algún parámetro se salga fuera de control.

Ver detalle de Anexo D: Tareas de Implementación y tareas continuas.

Al tener presente cuales eran las variables que más impactaron en la recuperación se empezó a buscar las soluciones para controlar algunas variables identificadas como importantes aplicando la **Matriz de Soluciones**.

De esta matriz se logró identificar algunas soluciones que mejor representaban la mejora de los controles de las variables. Es así que se identifico la siguiente lista de acciones para mejorar el proceso.

VARIABLE	SOLUCION
pH	Calibración / Cambio Lugar
ORP	Mantenimiento/Calibración
Courier	Calibración
Flujo	Lazo Control con Producción
NaSH	Lazo Control con ORP-NaSH-pH
%Solidos	Lazo Control con alimentacion
Instrumentos	Mantenimiento Calibración Sintonia Enrolamiento con los objetivos del proyecto
Operador	Capacitación para mejorar desempeño Enrolamiento a los objetivos del proyecto Manual de Lineamientos
Supervisor	Enrolamiento a los objetivos del proyecto Manual de Lineamientos
H ₂ S	Lazo Control ORP-NaSH-pH Cambio lugar pH

Tabla N° 03: Matriz de Soluciones

4.4. Proceso Modificado

Luego de implementadas las mejoras, el nuevo diagrama del proceso queda como se observa en la figura N° 16.

En este nuevo diagrama se incluye:

- 1.- Colocación de nuevo sensor de pH y lazo de control.
- 2.- Lazo de control NaSH – ORP para evitar consumos excesivos de reactivo y mantener parámetros en rango de operación.
- 3.- Flujo de alimentación.- lazo de control que permite alimentar lo que el proceso anterior (promedio de 6 horas) esta produciendo.
- 4.- % sólidos.- calculo matemático de la adición de agua para mantener el % sólidos constante en las celdas.

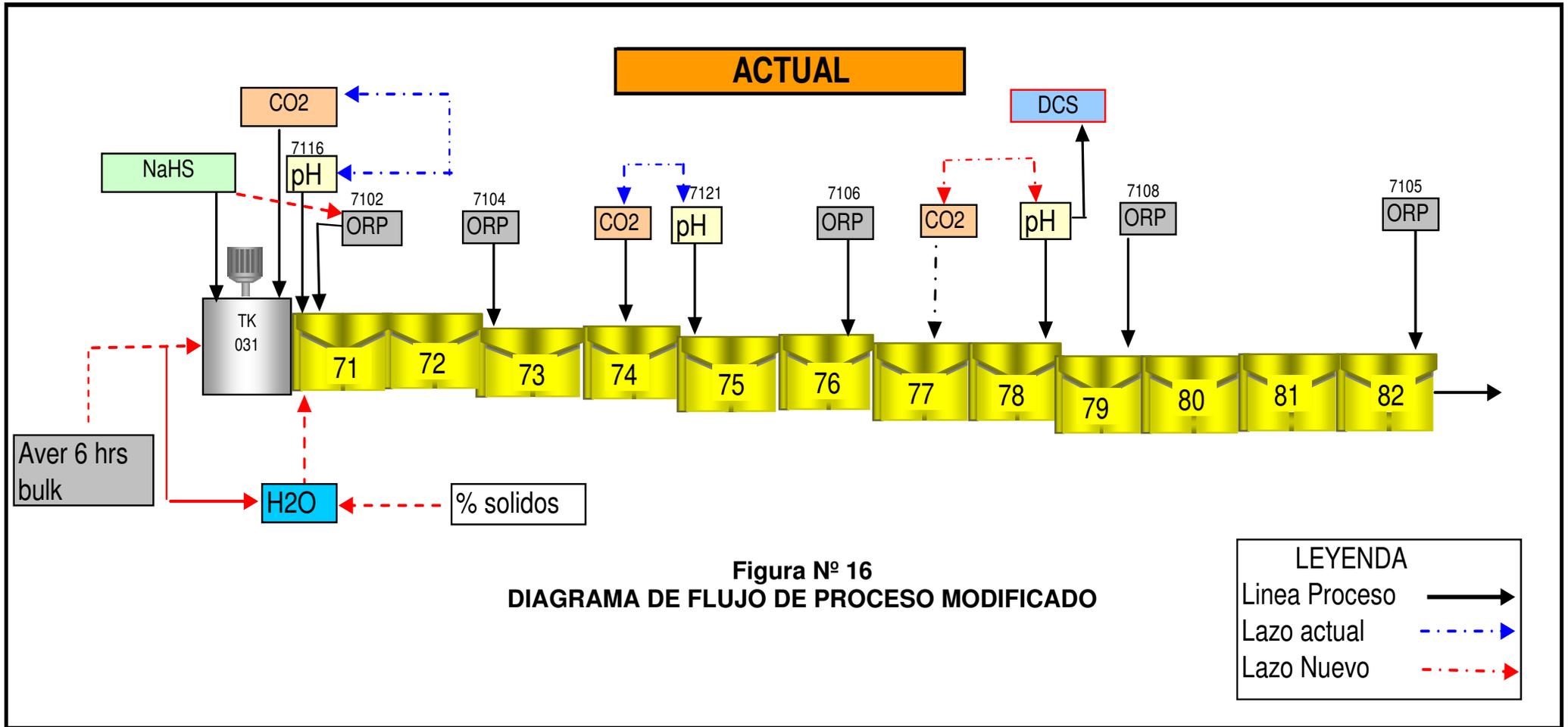


Figura N° 16
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MODIFICADO

CAPITULO V

Control de Procesos

Para mantener las mejoras sugeridas y evitar desvíos del proceso se ha considerado implementar un plan de Control que permita sostener en el tiempo las condiciones de estabilidad de algunas variables identificadas como críticas.

5.1 Mejoras Obtenidas

Comparando los resultados obtenidos antes y después del proyecto podemos afirmar:

- 1.- La variabilidad de la operación decreció.
- 2.- El promedio de recuperación se incrementó.

Ambos análisis se realizaron con data obtenida del Courier y Laboratorio Químico para poder comparar los datos que se tenían entre los periodos Ene – 15 Jul 06 y 22 May – 30 Ago 07.

En ambos periodos se tuvo los datos suficientes para poder demostrar estadísticamente que los valores obtenidos eran reales.

	Ene – Jul 06	May – Ago 07
Recuperación	88.96%	90.46%
Desvío Estándar	7.825	3.067
Valor Sigma	1.02	1.44

Tabla N° 04
Cuadro Comparativo de Mejoras

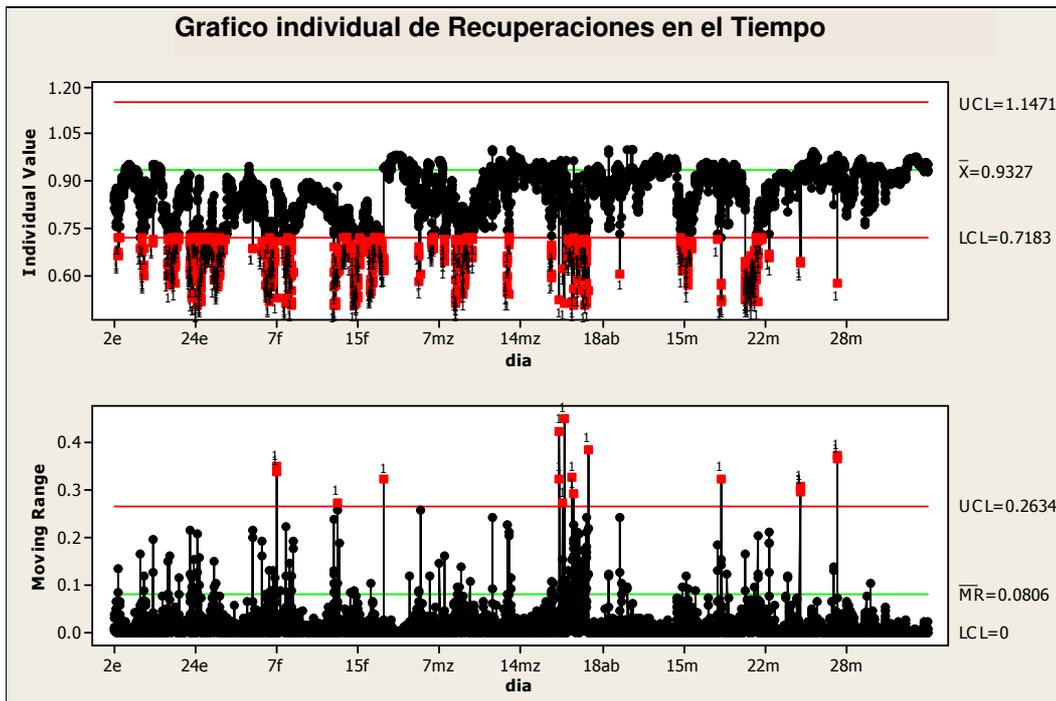


Figura N° 17: Recuperación en el Tiempo

En la figura 17 y 18 se muestra como la variabilidad disminuyó cuando se aplicaron las mejoras sugeridas y se puso en control el sistema.

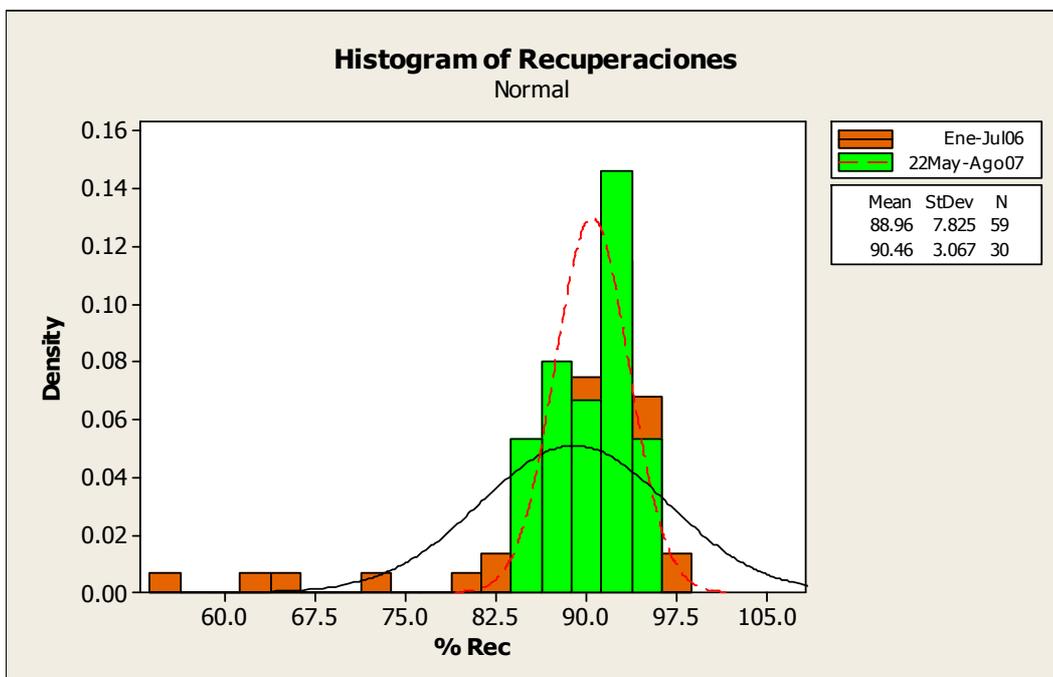


Figura N° 18: Histograma de resultados de Recuperaciones

En la figura 19 se puede observar que el desvío estándar y la media de la recuperación mejoraron.

Se realizó una prueba de hipótesis para demostrar que el efecto es real.

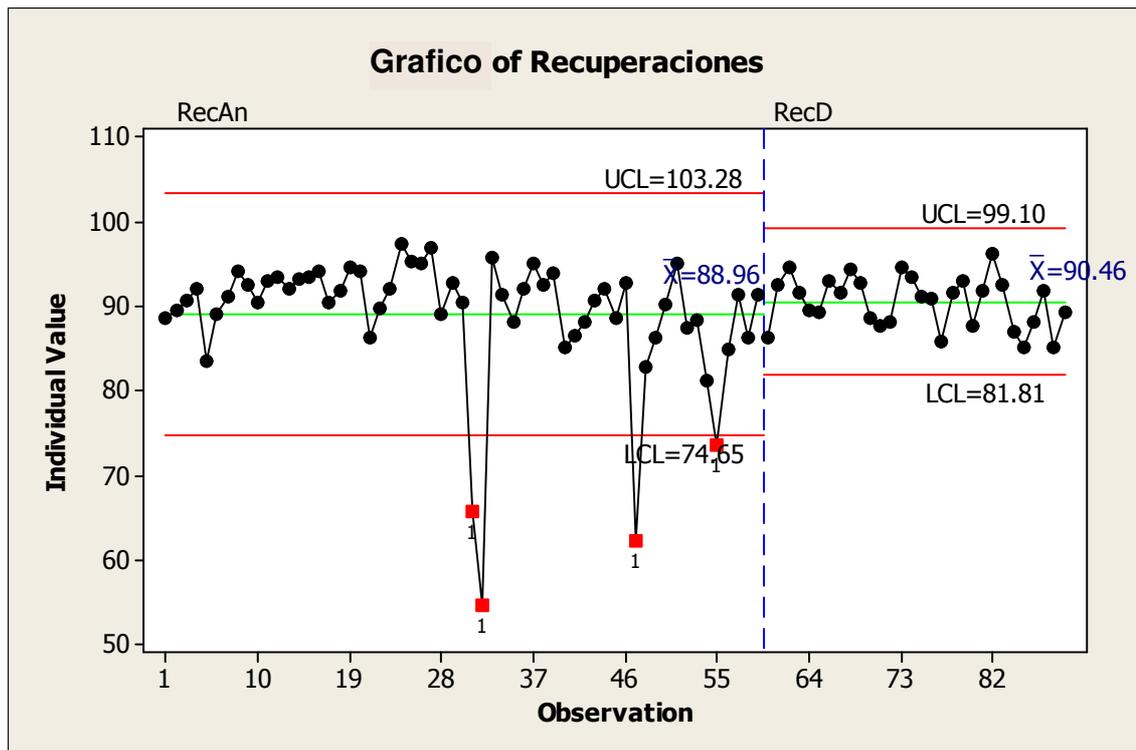


Figura N° 19: Gráfico Control de Recuperaciones

Two-Sample T-Test and CI: Recinprom, Recmejprom

Two-sample T for Recinprom vs. Recmejprom

	N	Mean	St Dev	SE mean
Recinprom (Antes)	59	88.96	7.825	0.23
Recmejprom (Después)	30	90.46	3.067	0.15

Difference = μ (Recinprom) - μ (Recmejprom)

Estimate for difference: -2.31487

95% CI for difference: (-2.85413, -1.77562)

T-Test of difference = 0 (vs. not =): T-Value = -8.63 P-Value = 0.000

DF = 49

De la prueba estadística se concluye que la recuperación antes de la implementación de mejoras es menor que la que se obtiene después.(Ver figura 20)

Calculando el valor Sigma después de implementar las mejoras implementadas. Ver Anexos E.1, E.2, E.3, E.4

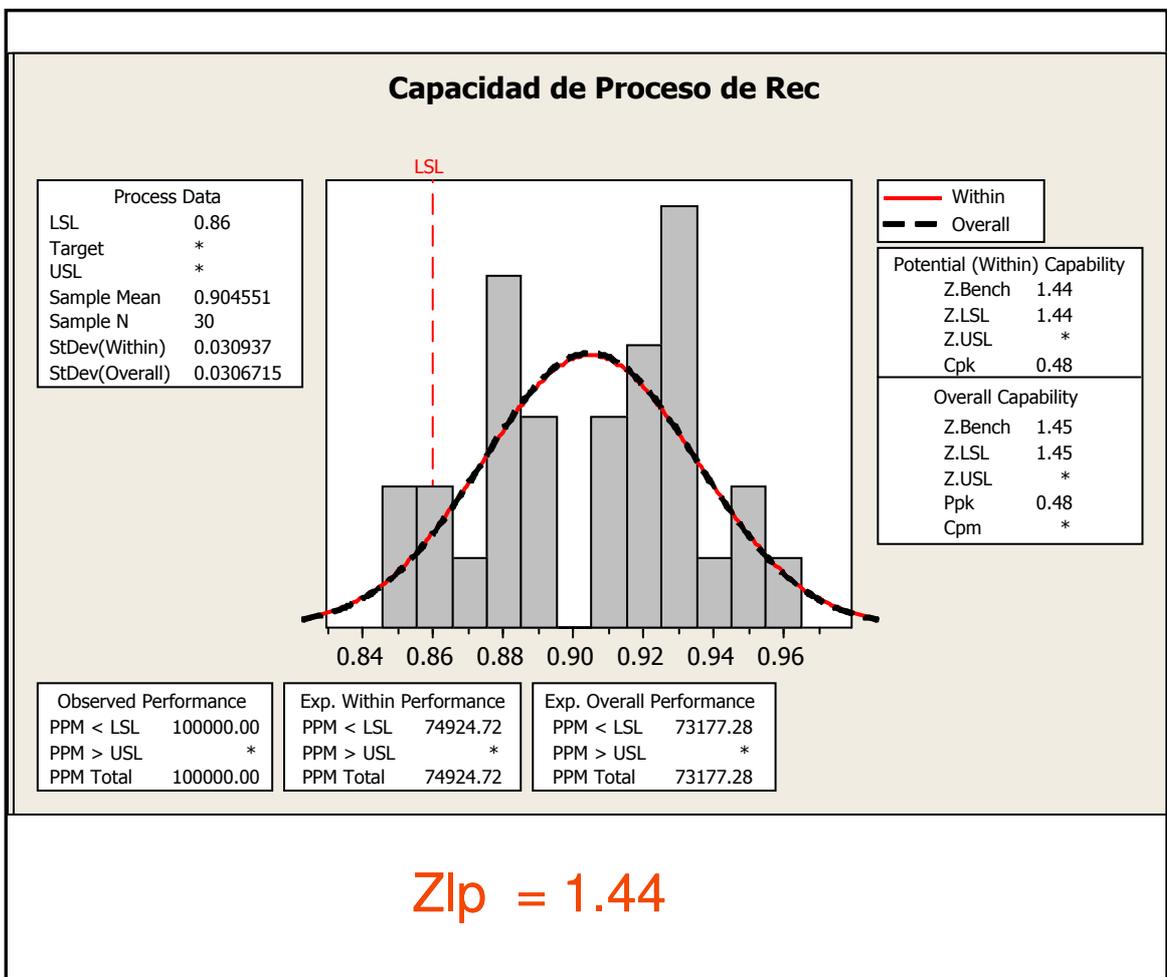


Figura Nº 20
Capacidad 22 May-Ago07

5.2 Plan de Implementación

El plan de implementación contempla las acciones recomendadas para el proyecto, quien se hará cargo de éste y como se evaluará su ejecución para lograr las metas propuestas.

Este plan de implementación culminó en Enero del 2007 con la puesta en operación de los lazos de control antes mencionados.

El plan de implementación contempla la realización de tres lazos de control (flujo alimentación, ORP-NaSH, %sólidos), también la cartilla de preparación del NaSH, el entrenamiento del personal, la calibración del courier, el aumento de puntos de CO₂ y pH, la sintonía de los lazos de control de nivel.

Ver Plan de Implementación en el Anexo D.4

5.3 Plan de entrenamiento

Una de las variables era el operador y la forma de operación que se tenía en cada guardia. Para ello se realizó un entrenamiento a todas las guardias sobre los hallazgos encontrados y la importancia de cada variable en la recuperación.

Se elaboró un plan de entrenamiento continuo para mejorar la performance del operador del área y de las otras.

Entrenamiento necesario	Quién debe asistir	Material necesario	Responsabilidad de corto plazo	Responsabilidad permanente	Fecha para completar
Entrenamiento en Six Sigma	Todas las guardias	Presentación	BB	Supervisor	30-Ene-07
Entrenamiento sobre lineamientos de operación	Todo el personal	Manual	Supervisor Linea	Supervisor	30-Ene-07
Entrenamiento sobre importancia de variables	Todo el personal	Manual	Superintendencia Planta	Supervisor	30-Abr-07
Entrenamiento sobre mantenimiento de Instrumentos	Operadores	Planos de vías	Instrumentista	Instrumentistas	30-Abr-07
Lazos de Control	Supervisor y operador	Diagramas de Lazos	Supervisor Control de Procesos	Supervisor Control de Procesos	30-Mar-07

Tabla Nº 06: Plan de Entrenamiento

5.4 Plan de monitoreo

Las variables mas importantes y que impactan a la recuperación deberán ser monitoreadas periódicamente por la supervisión para evitar que salgan del rango de operación hallado.

Se generó cartas de Control para la respuesta Y: (Ver Figura 21)

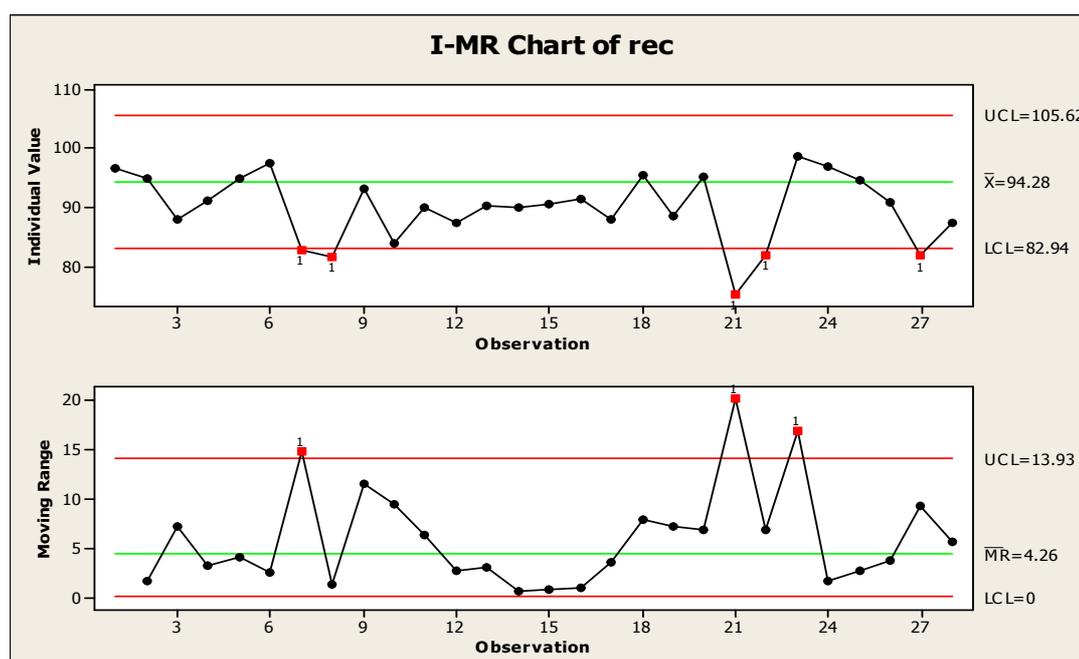


Figura N° 21: Gráficos de Control de Recuperación

También se generaron cartas de Control para las principales variables: pH, ORP, Recirculación de Mo.

Todas estas variables se consideraron en una hoja de PI System para monitoreo del proceso y con sus respectivas cartas de control en tiempo real.

El supervisor de sala de control tendrá la responsabilidad de monitorear estas cartas e informar a los involucrados del área cuando alguna variable este fuera de los parámetros de control establecidos.

5.5 Plan de respuesta

Para evitar que las soluciones propuestas entren en alguna falla se realizó un FMEA (Análisis de modo de falla) a los lazos de control y algunas variables que se incluyeron en control automático. (Ver Anexo B.4)

Los lazos de control implementados tienen un análisis a prueba de falla, para evitar que estos produzcan algún desvío en el proceso.

En el lazo de control de Flujo de Alimentación, cuando el courier de Cobre salga fuera de servicio no se tendrá el balance de la producción de concentrado con el consiguiente error del lazo que calcula el promedio de las últimas 6 horas. Si esto ocurriese el lazo tomará el último valor y lo mantendrá “congelado” y con alarma indicándole al operador la falla.

5.6 Plan de documentación

Todos los documentos del proyecto serán compilados y guardados en una ruta electrónica para acceso del personal.

Esta contempla, el nuevo mapa del proceso, los diagramas flujo modificado, los procedimientos actualizados, los FMEA's realizados, el manual de entrenamiento y los archivos usados en el presente proyecto.

La responsabilidad del manejo de estos será del Supervisor Senior bajo la Responsabilidad de revisión del Dueño del Proceso.

La ruta implementada para guardar la información se encuentra en la Red de Antamina.

N : Manual Básico Flotación Antamina \ 6 Sigma.

El resumen de los planes de control se muestra en una carta de Sistema de Control de Procesos que involucra los planes antes mencionados.

Sistema de Control de Procesos												
Descripción del Proceso		Cliente del proceso		Requerimiento(s) válidos del Cliente		Resultado de los Indicador(es) de Calidad						
Separación Cobre - Molibdeno		Supdte de Planta		Q1=Mejora Recuperacion Mo Q2=No variar grado de Concentrado Mo		Q1 mínimo 92.5% Q2 mínimo Mo = 52% MaxCu=1.25%.						
Descripción del Proceso: Recuperacion Mo en circuito Separación Cu-Mo				Proceso y/o Indicadores de Calidad		CHEQUEANDO			Información Miscelanea			
Posición	Paso/ Tiempo	Operador	Operador	Diagrama de Control Proceso	Limite Control	Chequear Item	Frecuencia	Responsabilidad	Plan de Contingencia			
				Diagr. Resultad. Indicad. Calidad	Metas Specifics	Que Chequear	Cuando Chequear	Quién Chequear	Acción Requerida P/excepción	Abreviaciones y Observaciones		
Distribución y Almacenamiento	30 seg	Inicio		P1 = (I-MR Chart) Recuperación promedio del día de operación empezando a las 5 a.m hasta 5a.m del día siguiente	Individual-Value UCL = --- LCL = 92.5 Average Media = 95.4	Recuperacion por guardia	Cada 15 seg según courier	Operador Supervisor	Punto fuera de control se conversará con el operador para averiguar la causa que generó esto.			
	8 hrs					Recuperacion por día	Cada 3 horas según Laboratorio	Operador Supervisor		UCL - límite Control al más alto nivel. UCL - Bajo nivel de control (límites de control basados en cálculos con datos de procesos históricos). Cu : Cobre Mo : Molibdeno		
Bombeo Concentrados	1.5 minutos			P2 = (I-MR chart) Grado de concentrado de Molibdeno promedio por turno	Individual-Value UCL = --- LCL = 52.0	Grado de Concentrado de Mo	Cada 15 seg según courier y c/3 horas según Lab.	Supervisor de Flotacion	Se evaluara contenido en diferencia si se puede mezclar			
Acondicionamiento	26 minutos					P3 = (I-MR Chart) Contenido de Cu en Concentrado de Mo	Individual-Value UCL = 1.25 LCL = ---	Contenido de Cobre en Concentrado Molibdeno			Cada 15 seg según courier y c/3 horas según Lab.	Supervisor de Flotacion
Flotacion	3.5 minutos	1er Cleaner		Flotación 1er banco Flotación 2do banco Flotación 3er banco								
		Recirculacion PPR 040										Flotación 4to banco Flotación 5to Banco Flotación 6to banco Flotación 7mo banco
Flotacion	3.5 minutos			Flotación 7mo banco Fin								
Aprobado _____ Fecha _____				Rev #	Fecha	Descripción de la Revisión			Por	Aprob		

Tabla N° 07: Sistema de Control de Procesos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe de Ingeniería son :

- Six Sigma como herramienta estadística sirve para encontrar variables que perjudican el proceso.
- La recuperación promedio se incrementó en 1.5 %.
- La variabilidad del proceso disminuyó de 7.82 a 3.06.
- El valor Sigma se incrementó de 1.04 a 1.44.
- Las variables que perjudicaban el proceso de Recuperación de Molibdeno eran: Flujo de Alimentación, Control de ORP, % Sólidos, Adición de Nitrógeno, Operador de Flotación.
- El diesel es una variable que no afecta en esta etapa debido a que ya viene del proceso anterior.
- El control del flujo de alimentación con lazo de control permitió mantener esta variable independiente del operador.
- El ORP es una variable que está directamente relacionada a la adición de NaSH y el pH .
- Con la puesta en operación del lazo de control del ORP – NaSH los consumos de CO₂ y NaSH bajaron.
- La implementación de mejoras permitió mejorar el proceso sin inversión de ningún tipo.
- El control estadístico de procesos permite mantener en rango las variables críticas encontradas.
- Se debe mantener en rango las variables críticas ayudados con las cartas de Control.

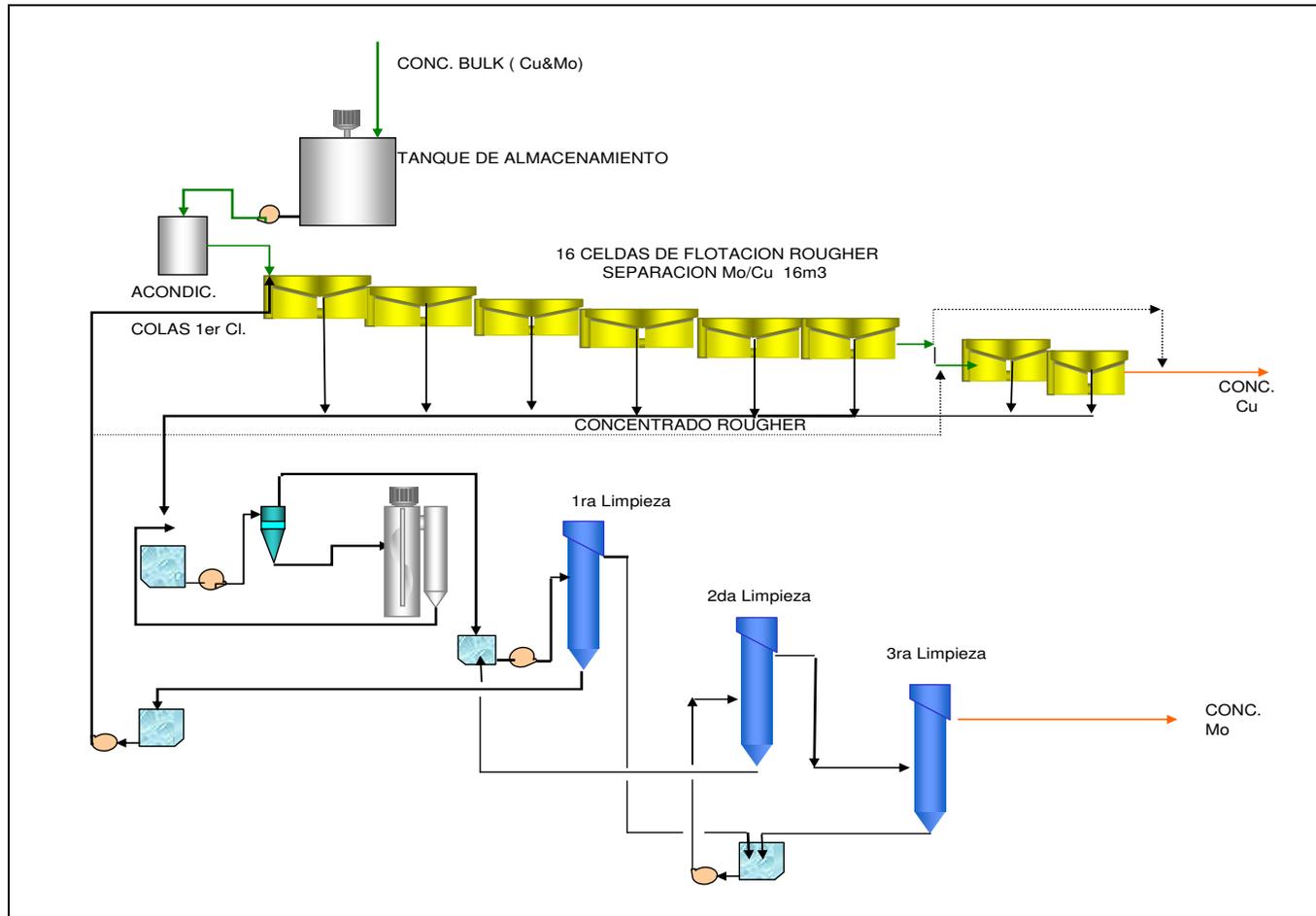
- Luego de implementadas las mejoras es necesario hacer el seguimiento de estas para evitar se retroceda en la implementación
- Los operadores como parte importante del sistema de control deberán ser entrenados continuamente en las herramientas del Six Sigma.
- La adición de Nitrógeno en las celdas por separado permitió mantener mas estable la flotación y por ende disminuir la variabilidad del proceso.
- El courier al ser una herramienta para el operador deberá ser calibrado cada mes para garantizar la exactitud de los resultados
- El pH deberá ser calibrado cada semana.
- El control de la preparación de NaSH deberá mantenerse por cada vez que se realice la preparación
- Con la evaluación estadística de los datos muchos paradigmas caen (Control de NaSH en g / Ton).

BIBLIOGRAFIA

- Curso Black Belt Six Sigma ,
Autor: BHP – Qualtec 2006
- Manual de usuario de Minitab 15
Descripción: Software estadístico.
- Manual de usuario de Cristal Ball
Descripción: Software de predicciones.
- The Lean Six Sigma Pocket tool book
Autor: Michael L. George - David Rowlands - Mark Price-
Jhon Maxey
Editorial: Mc Graw Hill – 2004.
- Fundamentos de Estadística
Autor: Tecsup Virtual – 2004.
- Curso Black Belt Six Sigma
Autor: Falcondbrige – 2005

ANEXO A

ANEXO A.0: Diagrama de flujo del proceso.



Otras Herramientas para la aceptación del Proyecto

ANEXO A.1 :Caso para el Cambio.

En esta matriz se resalta las oportunidades y Amenazas a Corto y largo plazo.

	Amenaza	Oportunidad
Corto-Plazo < 6-meses	<ul style="list-style-type: none"> No se logre recuperación por falla en procesos siguientes . 	<ul style="list-style-type: none"> Uniformizar criterios de operación. Darle continuidad a los procesos. Saber que factor esta perjudicando la recuperación
Largo-Plazo > 6-meses a 2-años	<ul style="list-style-type: none"> No se tenga capacidad suficiente en los procesos siguientes. Falta de capacidad en packing. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar la recuperación de Mo. Incrementar ganancia por ventas.

ANEXO A.2 : Evaluación de Stakeholder

STAKEHOLDER	POSICION				
	Totalmente en contra	Moderadamente en contra	Neutral	Moderadamente apoyador	Fuertemente apoyador
	-2	-1	0	+1	+2
Instrumentista		√		→	
Metalurgista			√	→	→
Supervisor Flotación				√	
Supervisor Senior			√	→	→
Superintendente			√	→	→
Gerente Concentradora				√	→
Operador Separación		√		→	→
Operador Reactivos			√		
Mecánicos			√		
Eléctricos			√		
Operador Espesadores			√		
Supervisor CDP		√		→	→
Supervisor Seguridad			√		

ANEXO A.3 : Equipo de Trabajo.

NOMBRE	ROL EN EQUIPO	EXPERIENCIA	COMPROMISO DEL TIEMPO	OTROS
C. Larsen	Líder del proyecto	Gerente Concentradora	Revisión de avance Participación del 30%	
J. Linares	Dueño Proyecto	Superintendente Concentradora	Todas las reuniones Revisión de reuniones	
R. Díaz	BBSS	Proceso	Tiempo completo	
J. Carrión	Integrante	Metalurgista	5 hrs. por semana	4 x 3
D. Estrella	Integrante	Metalurgista	5 hrs. por semana	4 x 3
H. López	Integrante	Operador	3 hrs. por semana	Gdia D
W. Aquino	Integrante	Supervisor Flotación	5 hrs. por semana	Gdia C
S. Rodríguez	Integrante	Operador	3 hrs. por semana	Gdia A
W. Marrufo	Integrante	Operador	3 hrs. por semana	Gdia B
M. Villon	Integrante	Supervisor Flotación	5 hrs. por semana	Gdia B
A. Inciso	Integrante	Supervisor Control Procesos	5 hrs. por semana	8 x 6

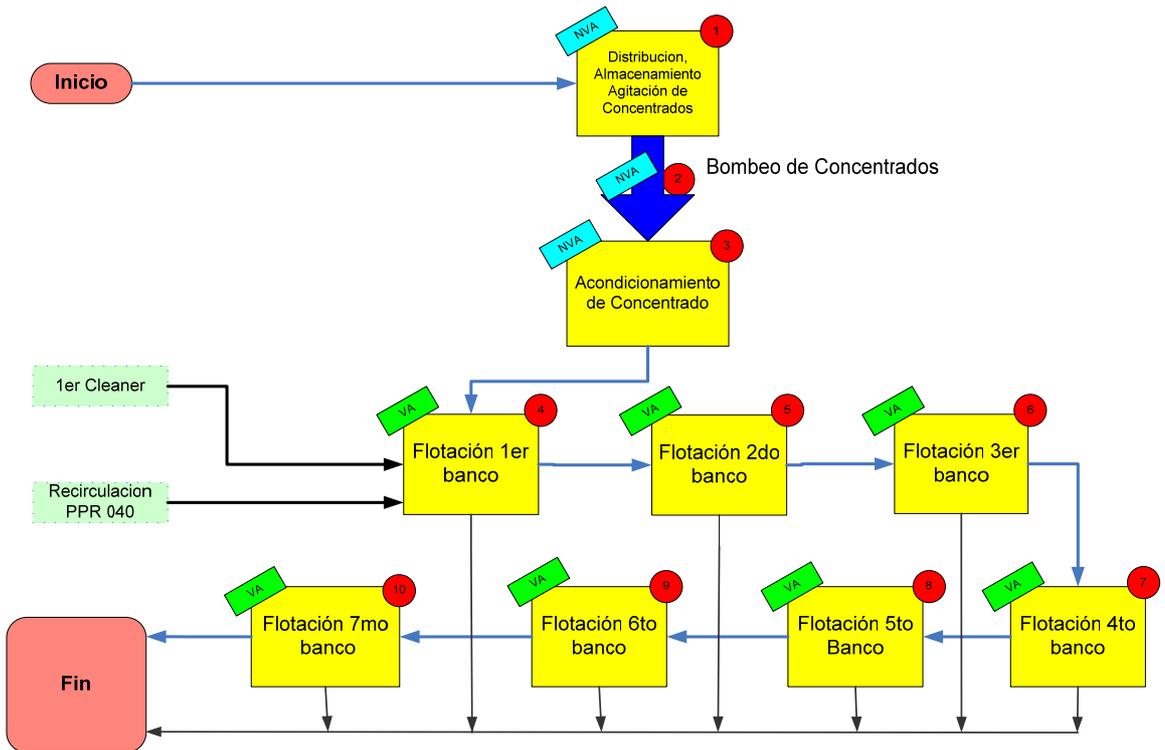
¿Porque el proyecto fue elegido?



Figura N° 22
Cuadro de Impacto de Solución de Problema vs. Esfuerzo

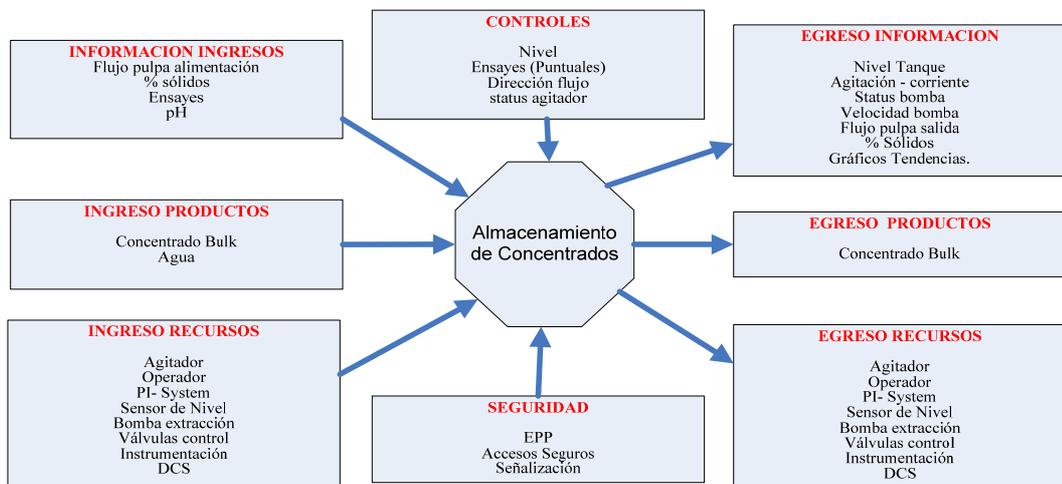
ANEXO B

ANEXO B.1 Mapa del Proceso

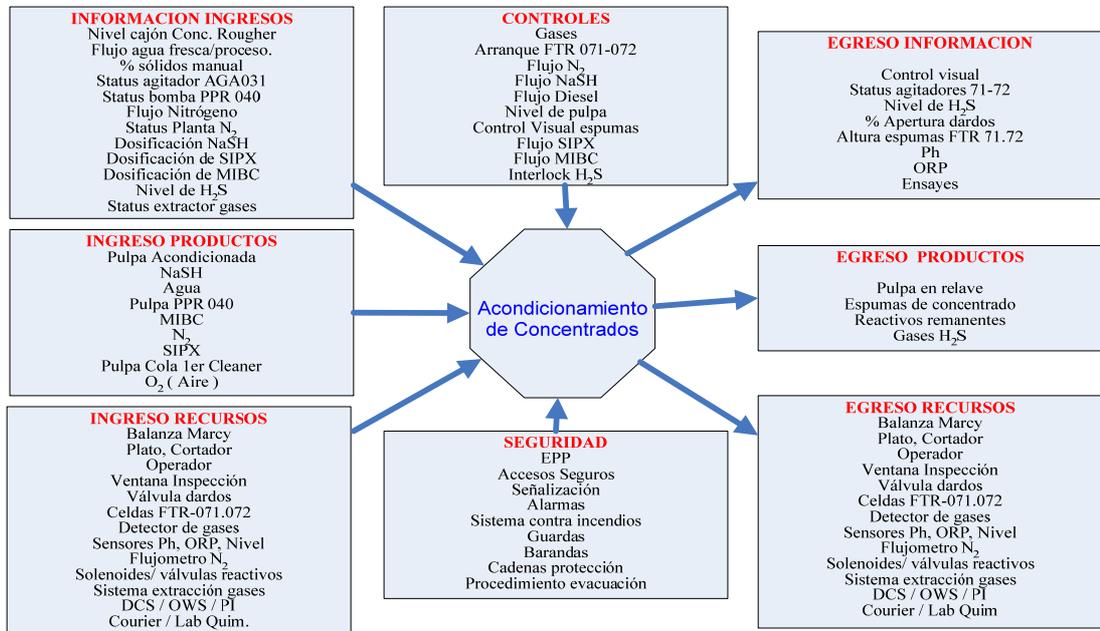


ANEXO B.2 Icono del Proceso

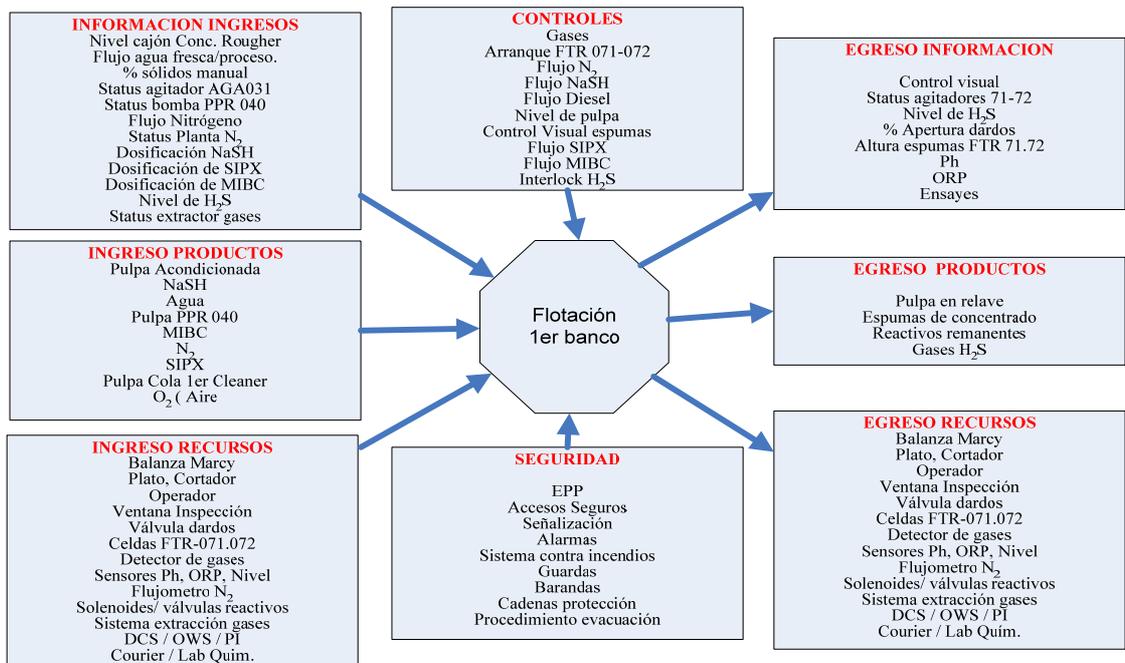
Almacenamiento de Concentrados



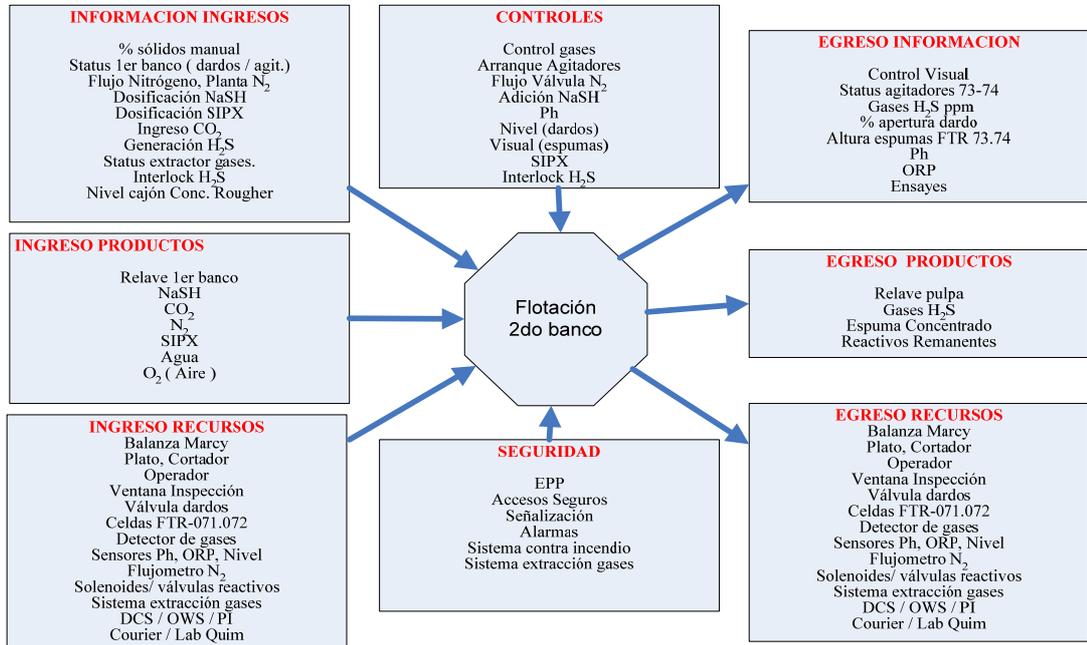
Acondicionamiento de Concentrados



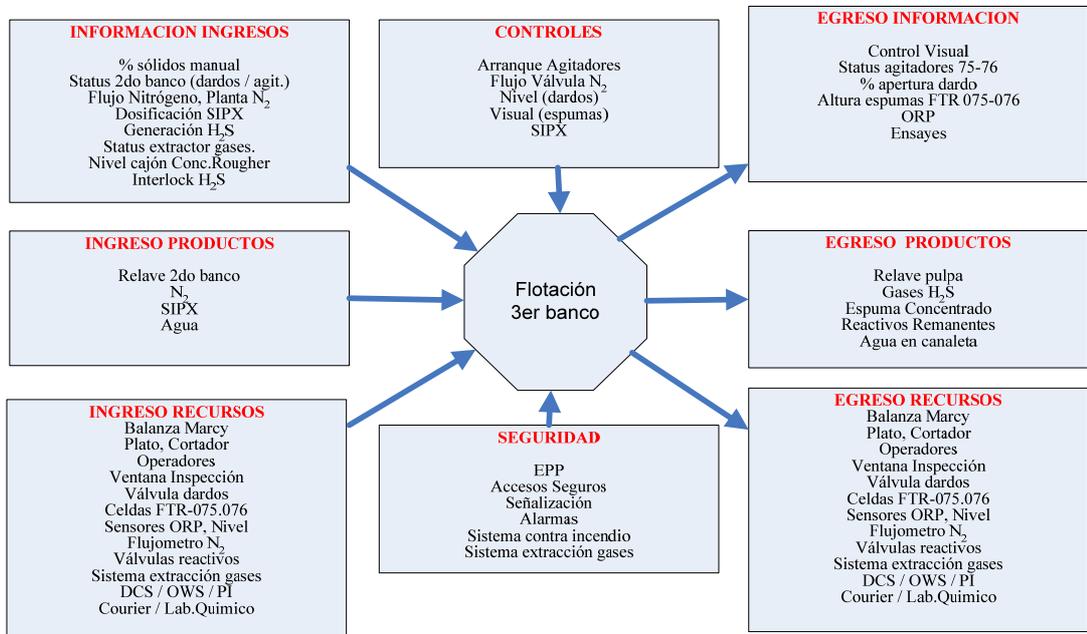
Flotación 1er Banco



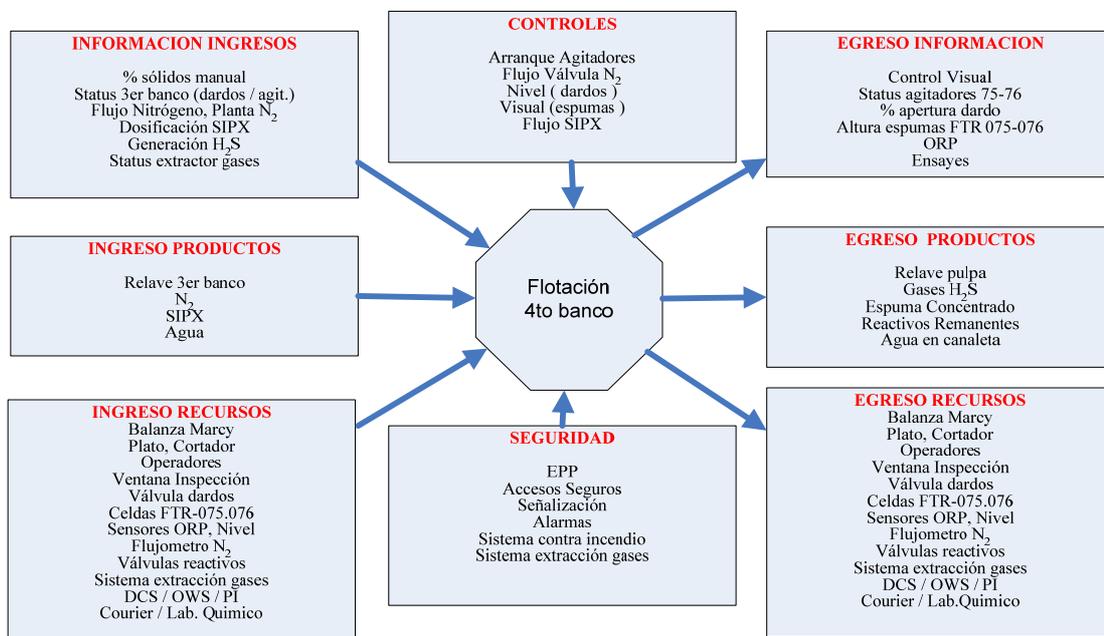
Flotación 2do Banco



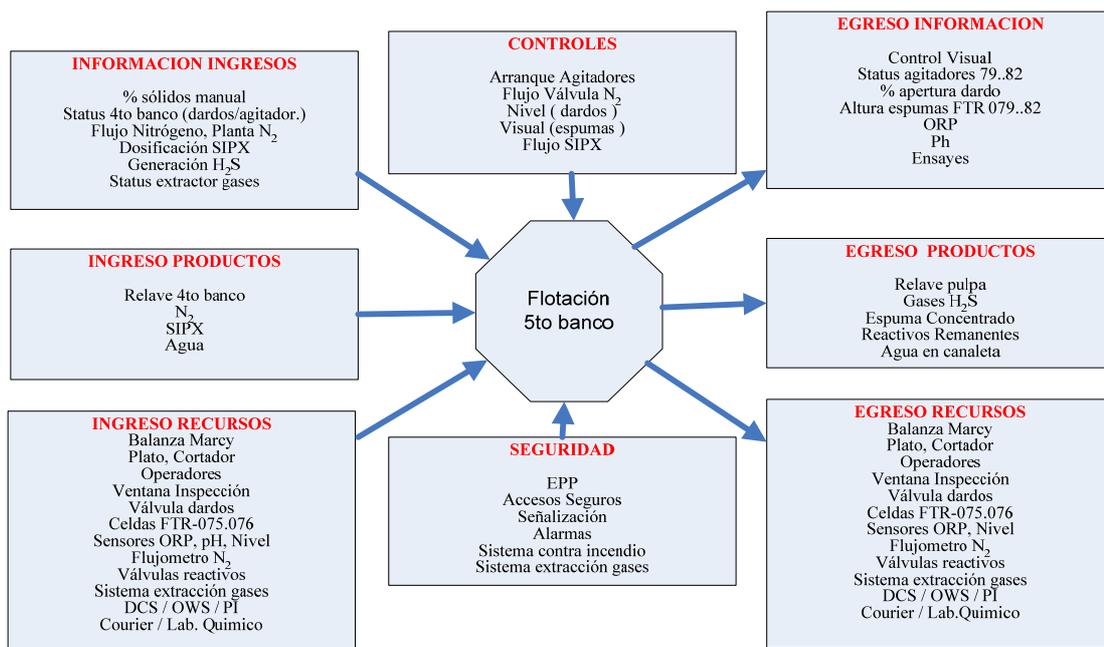
Flotación 3er Banco



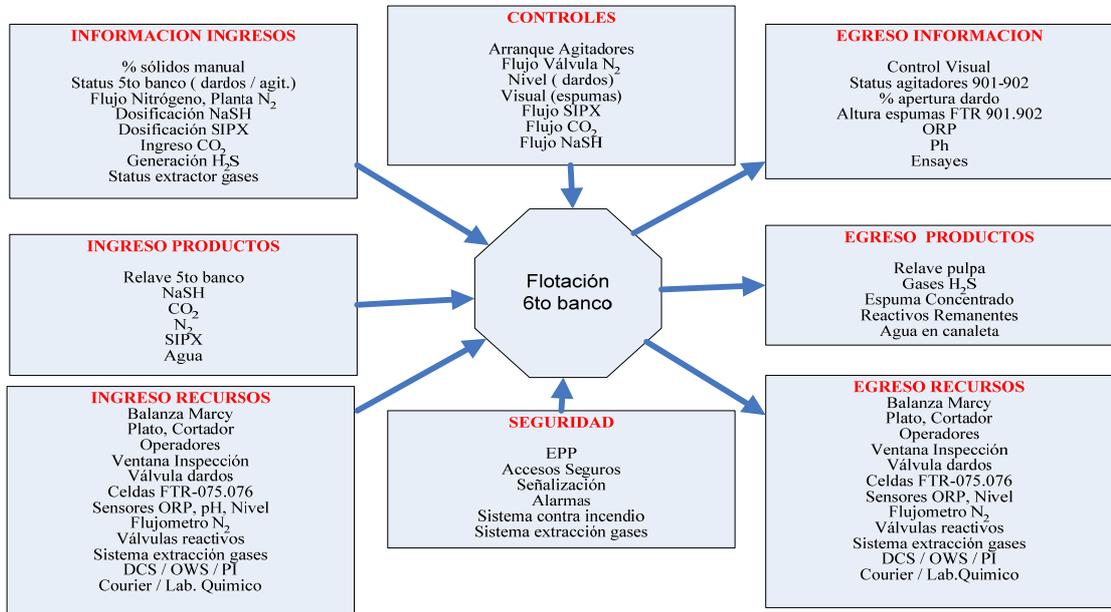
Flotación 4to Banco



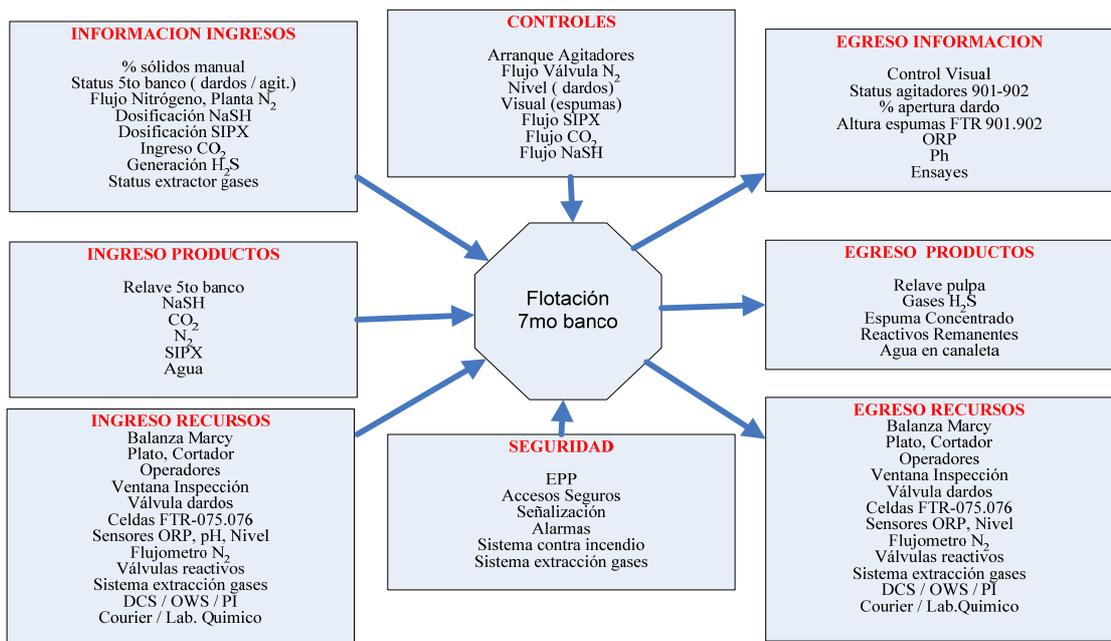
Flotación 5to Banco



Flotación 6to Banco



Flotación 7mo Banco



ANEXO B.3 Matriz XY

EVALUACION DE MATRIZ XY

Nombre del Proyecto:

Aumento Recuperación Mo Circuito Separación Cu-Mo

Fecha:

20-Jun-06

	Variable de salida	Recuperación Mo	Costo Operación	Calidad Conc. Rougher Mo	Consumo reactivos	Seguridad			
Ponderación del Cliente		10	5	8	8	9			
Variables de entrada							Ponderación	Ranking	Acumulado
1 Flujo / Valvula NaSH	9	9	4	9	9	320	6.953	6.95	
2 Sensor / Valor de ORP celdas	9	9	4	9	9	320	6.953	13.91	
3 Operador	9	4	9	9	4	290	6.302	20.21	
4 Nivel H2S / interlok	9	9	9	0	9	288	6.258	26.47	
5 Calibración Instrumentos	9	4	4	4	9	255	5.541	32.01	
6 Flujo Alimentación circuito	9	4	9	4	4	250	5.432	37.44	
7 Pulpa recirculación 1ra Limpieza	9	9	9	4	1	248	5.389	42.83	
8 pH acondicionador/sensor	9	1	4	4	9	240	5.215	48.04	
9 Lazo control nivel	9	1	9	9	0	239	5.193	53.24	
10 Presion CO2	9	4	4	4	4	210	4.563	57.80	
11 Flujo/ Status N2 banco flotacion	9	1	9	4	0	199	4.324	62.13	
12 Ensayes Courier Cabeza /Conc / Co	9	0	9	0	0	162	3.520	65.65	
13 Flujo DIESEL acondicionador	4	4	4	1	0	140	3.042	68.69	
14 Reactivos remanentes conc. Bulk	4	0	9	1	0	120	2.608	71.30	
15 Flujo Agua 1er banco / %solidos	9	4	0	0	0	110	2.390	73.69	
16 Oxigeno del aire (ventana)	1	4	1	4	4	106	2.303	75.99	
17 Color,tipo,velocidad espumas	4	0	4	4	0	104	2.260	78.25	
18 Flujo PPR-040	4	4	4	1	0	100	2.173	80.42	
19 Sensor / nivel Nivel Tk 63 -65	4	0	4	0	1	81	1.760	82.18	
20 Status extractor gases	0	0	0	0	9	81	1.760	83.94	
21 Detector de gases	0	0	0	0	9	81	1.760	85.70	
22 Flujo SIPX acondicionador	4	0	4	1	0	80	1.738	87.44	
23 Bomba dosif SIPX 6to banco	1	1	4	4	0	79	1.717	89.16	
24 Celda de flotacion	4	1	4	0	0	77	1.673	90.83	
25 Sistema contraincendio	1	0	0	0	4	46	1.000	91.83	
26 Nivel Cajón conc Rougher TKF 081	4	1	0	0	0	45	0.978	92.81	
27 Procedimiento Evacuación	0	1	0	0	4	41	0.891	93.70	
28 DCS / OWS	1	1	1	1	1	40	0.869	94.57	
29 Velocidad bomba 63/65	4	0	0	0	0	40	0.869	95.44	
30 Solenoides SIPX banco	0	0	1	4	0	40	0.869	96.31	
31 Flujo SIPX banco	1	0	1	1	0	26	0.565	96.87	
32 pH descarga Espesador bulk	1	1	0	1	0	23	0.500	97.37	
33 Flujo Carbon Tk / acond.	1	0	0	1	0	18	0.391	97.76	
34 Flujo a espesadores.	1	1	0	0	0	15	0.326	98.09	
35 Densímetro alimentación	1	0	0	0	0	10	0.217	98.31	
36 % solidos manual	1	0	0	0	0	10	0.217	98.52	
37 Arranque / parada celdas	0	0	0	0	1	9	0.196	98.72	
38 Flujómetro Alimentación	0	0	1	0	0	8	0.174	98.89	
39 % Solidos alimentacion Tk	0	0	0	1	0	8	0.174	99.07	
40 Plateo	0	0	0	1	0	8	0.174	99.24	
41 Flujo Alimentación Pulpa Tk	0	1	0	0	0	5	0.109	99.35	
42 Agua dilución al Tk	0	1	0	0	0	5	0.109	99.46	
43 Agitación Tk	0	1	0	0	0	5	0.109	99.57	
44 Valvula dardo direccion Tk	0	1	0	0	0	5	0.109	99.67	
45 Valvulas succion bombas	0	1	0	0	0	5	0.109	99.78	
46 Agitación AGA031	0	1	0	0	0	5	0.109	99.89	
47 Laboratorio Químico	0	1	0	0	0	5	0.109	100.00	
48 Reactivos remanentes cola	0	0	0	0	0	0	0.000	100.00	
49 Muestreador Cabeza	0	0	0	0	0	0	0.000	100.00	
49 Flujo MIBC 1er banco	0	0	0	0	0	0	0.000	100.00	
51 Pulpa acondicionada	0	0	0	0	0	0	0.000	100.00	

ANEXO B.4 FMEA

#	Función de Proceso (Etapa)	Modos Potenciales de Falla (defectos de proceso)	Efectos Potenciales de Falla (Y's)	SEV	Clas	Causas Potenciales de Falla (X's)	OCC	Controles de Proceso Existentes	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Persona responsable & Fecha objetivo	Acciones Tomadas	SEV	OCC	DET	RPN
3	DISTRIBUIR-ALMACENAR-AGITAR PULPA	Nivel < 40%	Flujo discontinuo	6		Producción baja	2	Plan Mina	5	70							
4	40%-95%		Daño bomba	3		Falla espesador/bomba	3	Mtto Preventivo	3	63							
5			Generacion H ₂ S	7		falla sensor	3	Mtto Preventivo	4	84							
6						Descuido Proceso	4	Control visual	5	140	Hacer Procedimiento	A.Castro		7	2	4	56
7											Entrenamiento	D.Estrella					
8		Nivel > 95%	Rebalse	6		Producción alta Conc. Bulk	8	Plan Mina	5	360	Determinar caudal maximo			6	3	3	54
9			Contaminación	3		Descuido Transferencia	3	No se usa	10	270	Hacer Procedimiento						
10			Seguridad	2		Malogra bomba 63-64	2	Mtto preventivo	4	72							
11			Aumento flujo trat.	9		Falla sensor tk	1	Mtto preventivo	2	18							
12						Descuido alimentación	6	Control Visual	5	270	Hacer Procedimiento						
13						Falla espesador/bomba	2	Mtto preventivo	3	54							
14	ALIMENTAR FLUJO DE PULPA	Alimentar más de 200 m3/hr	Baja recuperación Mo	9		Nivel tanque sube	8	Control visual	3	216							
15	<200 m3/hr		Mala Calidad Conc. Mo	6		Flujo excesivo	8	Control visual	7	504	Establecer lazo control	Augusto Inciso		9	3	2	54
16			Mala Calidad Conc. Cu	7		Falla sist alimentación	3	Manual	3	81							
17			Rebalse	4		Falla alarma alto nivel	2	Mtto preventivo	2	36							
18			Arenamiento	8		Falla operador	4	Entrenamiento	2	72							
19			Tapada sistema aire	3		Falla instrumentista	2	Procedimiento	1	18							
20			Parada Planta	8		Falla CDP	2	Procedimiento	1	18							
21			Perdida reactivos	4													
22			Perdida control limpieza	4													
23	FLOTAR EN CELDAS ROUGHER	Se asienta la Celda	No hay Recuperación	9		Falla en el SIPX	1	OWS, Visual,Manual	3	27							
24	niveles		Arenamiento de la celda	8		Falla del Operador	4	Control visual	4	144							
25	colores		Daños Mecánicos	8		Parada Pta N2	2	OWS, Visual	2	36							
26			Mala calidad relave	7		Corte de energía	1	OWS, Visual	2	18							
27						Caida del Mecanismo de agitación	1	Visual	4	36							
28						Falla del sistema control de Nivel	5	Visual	2	90							
29						Deficit de N2	7	Valvula manual	6	378	Individualizar flujo N2/flujo metro	J.Carrion		7	3	3	63
30						Sintonia de lazo control nivel	3	Existe lazo	2	54							
31																	
32		Pulpea	Mala calidad del concentrado Mo	6		Exceso de N2	2	Control Manual	6	72							
33			Rebalse del cajón #1	7		Falla del sistema control de Nivel	7	Mtto preventivo	2	84	Cumplir mtto preventivo			7	3	2	42
34			Parada de Bomba # 902/903	7		Falla del Operador	2	No existe	4	48							
35			Carga al piso	6		Atoro en cajón de los dardos	2	No existe	4	48							
36			Carga circulante	8		Exceso Flujo alimentación	2	No existe	7	84							
37						Sintonia de lazo control nivel	3	existe lazo	2	36							
38																	
39		Mala espuma	Mala recuperación	9		Ph inadecuado	7	Lazo control CO2	4	252	Mejorar lazo						
40			Mala calidad concentrado	9		Flujo NaSH inadecuado	7	Si existe	5	315	Lazo control ORP						
41			Carga circulante	7		Flujo Diesel Inadecuado	3	Control Manual	7	189	Colocar flujometro						
42						Exceso N2	3	Control Manual	6	162	individualizar flujo N2						
43						Reactivos remanentes Bulk	4	No existe	10	360	Analizarlo a fondo en las x's vitales						

ANEXO B.5 MSA para variables X's

Análisis del sistema de medición para validar las X's encontradas, estas deben cumplir los parámetros de Repetibilidad y Reproducibilidad.

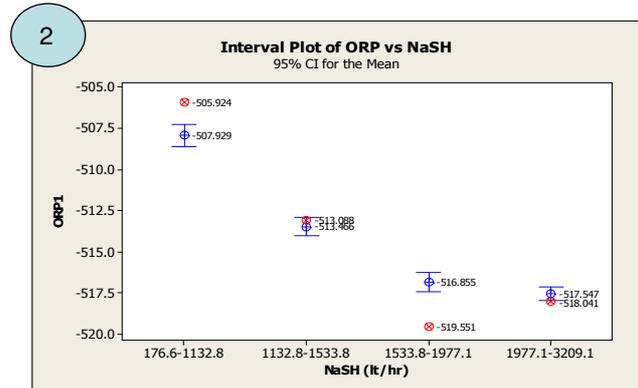
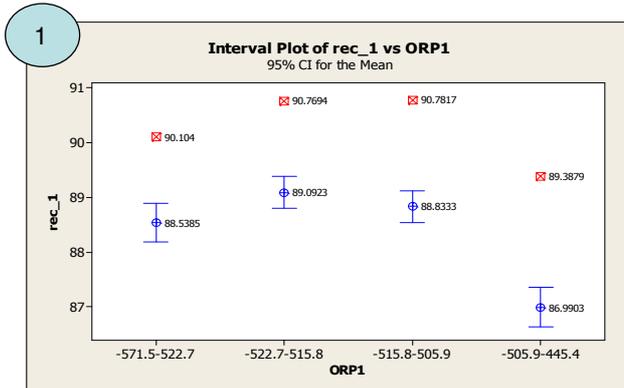
MSA Datos Continuos								COMENTARIO
TOTAL GAGE R&R (Repetibilidad)								
Nro	Validacion de Variable	Punto	TAG	%Contribucion	%Study Var	# categorias	Desv.Stan	
1	Flujo NaSH	Acondicionador	350FIC8340G	0.05	2.33	60	8.066	Válido
		1er banco	350FIC8340F	0.08	2.91	48	2.3197	Válido
		3er banco	350FIC8340D	0.68	8.28	16	7.0924	Válido
		4to banco	350FIC8340E	0.14	3.77	37	2.0027	Válido
2	Valor de ORP celdas	1er banco	350AI7102	0.69	8.33	16	1.4136	Válido
		2do banco	350AI7104	2.74	16.54	8	5.0866	Válido
		6to banco	350AI9118	1.19	10.91	12	3.4323	Válido
3	pH	1er banco	350AIC7116	3.1	17.6	7	0.04646	Válido
		2do banco	350AIC7121	9.83	31.36	4	0.0757	No Válido
		6to banco	350AIC9117	52.62	72.54	1	0.1108	No Válido
4	Flujo N2 banco flotacion	Master N2	350HIC7099	2.63	16.23	8	0.07111	Válido
		N2 total	390FY001.NIT	1.6	12.63	11	15.494	Válido
		O2 en N2	390AICO2001	2.12	14.55	9	0.089	Válido
		1er banco	350HIC7099	1.33	11.54	12	0.1142	Válido
		2do banco	350FIC7101	3.59	18.94	7	0.0723	Válido
5	Flujo Alimentación circuito	Acondicionador	340FIC7008 / 340FIC7018	0.01	1.11	127	0.7309	Válido
6	%solidos alimentacion	Acondicionador	DI7008 / DI7018	2.64	16.25	8	0.26527	Válido
7	Nivel celdas	1er banco	350LIC7102	4.22	20.54	6	8.1645	Válido
		2do banco	350LIC7104	3.28	18.12	7	9.6682	Válido
		7mo banco	350LIC9116	2.23	14.94	9	9.2093	Válido

Test Hipotesis						
Ho : LeyLab = Ley Courier						
Ha : LeyLab ≠ Ley Courier						
Validacion de Variable (Courier)	Dif ;Power ;StDv	# muestras Teorico	# muestra real	p-value	COMENTARIO	
8 % Mo en Cabeza	0.2 ; 0.9 ; 0.49	135	466	0.4922	Fallo en rechazar Ho	
% Mo en Cola	0.05 ; 0.9 ; 0.08	58	454	0.1077	Fallo en rechazar Ho	
% Mo en Concentrado	0.8 ; 0.9 ; 1.79	113	473	0.0432	Fallo en rechazar Ho	
% Cu en Cabeza	0.8 ; 0.9 ; 1.27	57	437	0.0365	Rechazo Ho	
% Cu en Cola	0.8 ; 0.9 ; 1.8	114	433	0.002	Rechazo Ho	
% Cu en Concentrado	0.2 ; 0.9 ; 0.41	95	430	0.0036	Rechazo Ho	

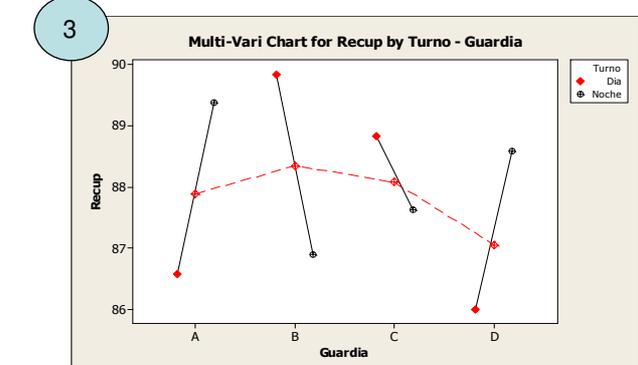
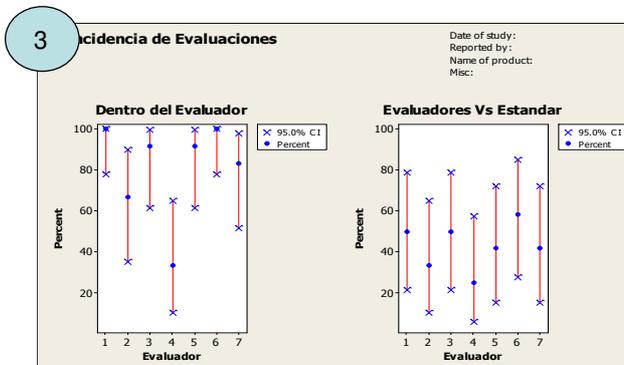
9	Dato Mo recirculación 1ra Limpieza	Validado por Laboratorio Quimico.
10	Operador	DSA Pendiente
11	Nivel H2S	Certificado calibración

ANEXO C

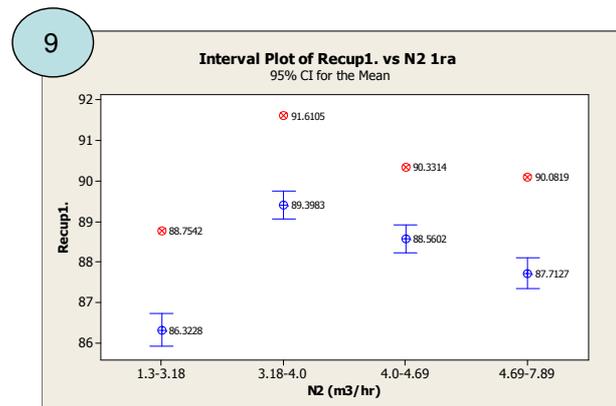
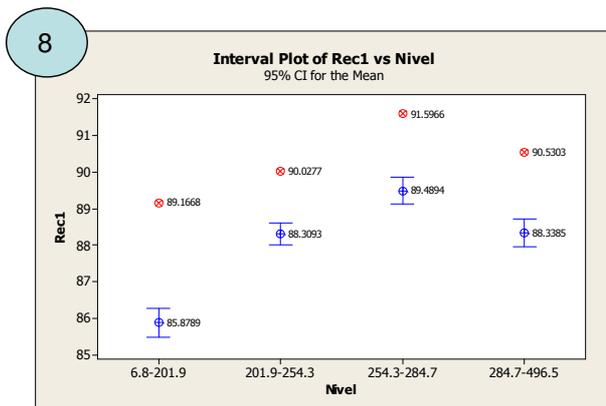
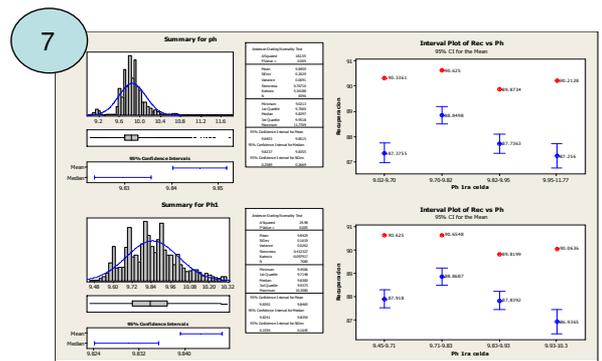
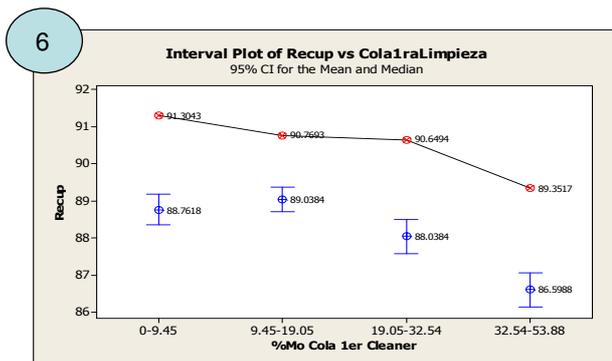
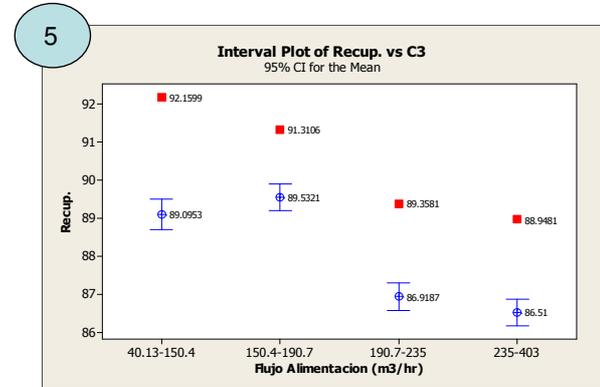
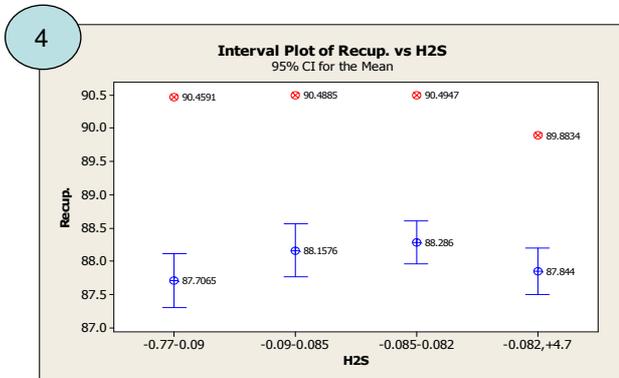
ANEXO C.1 Análisis Gráficos de las Variables



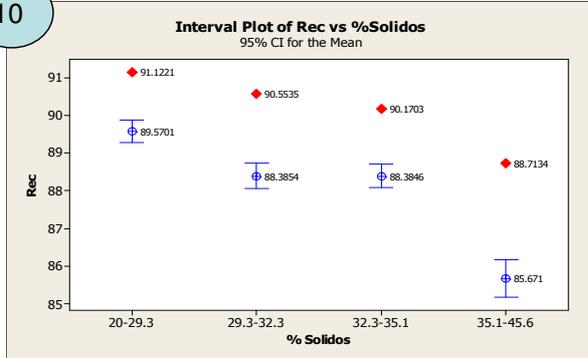
ANEXO C.2 Análisis del sistema de decisión de operadores (DSA)



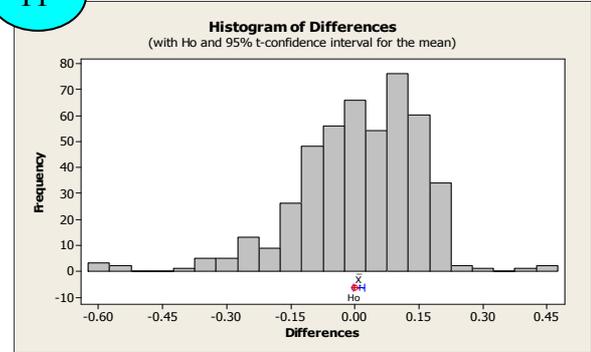
ANEXO C.3 Análisis Gráficos de las variables



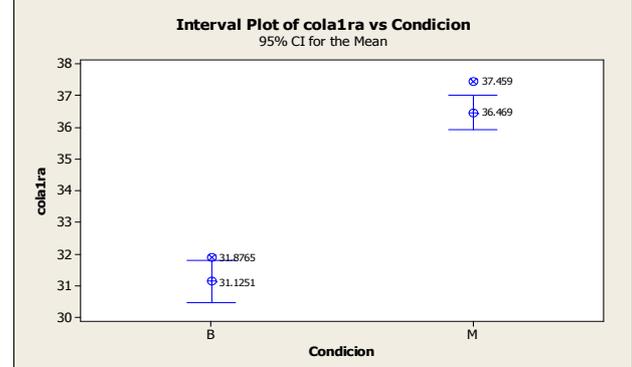
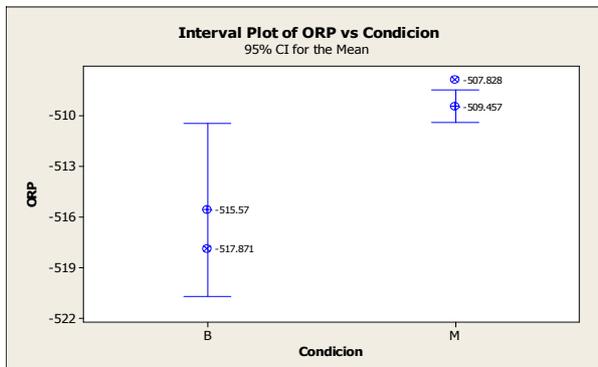
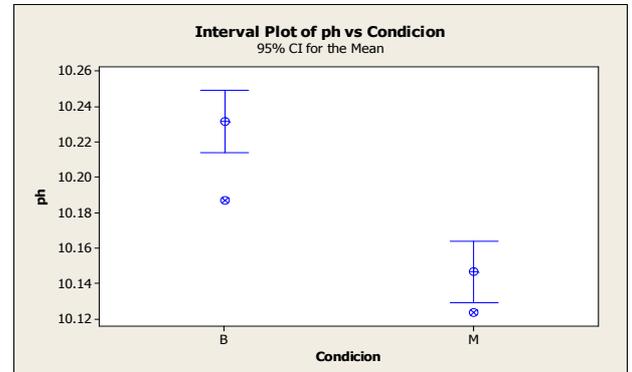
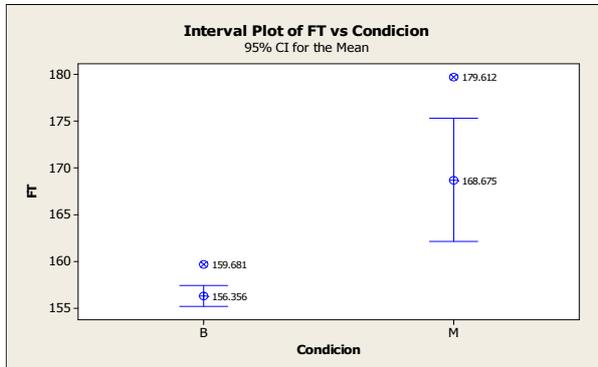
10



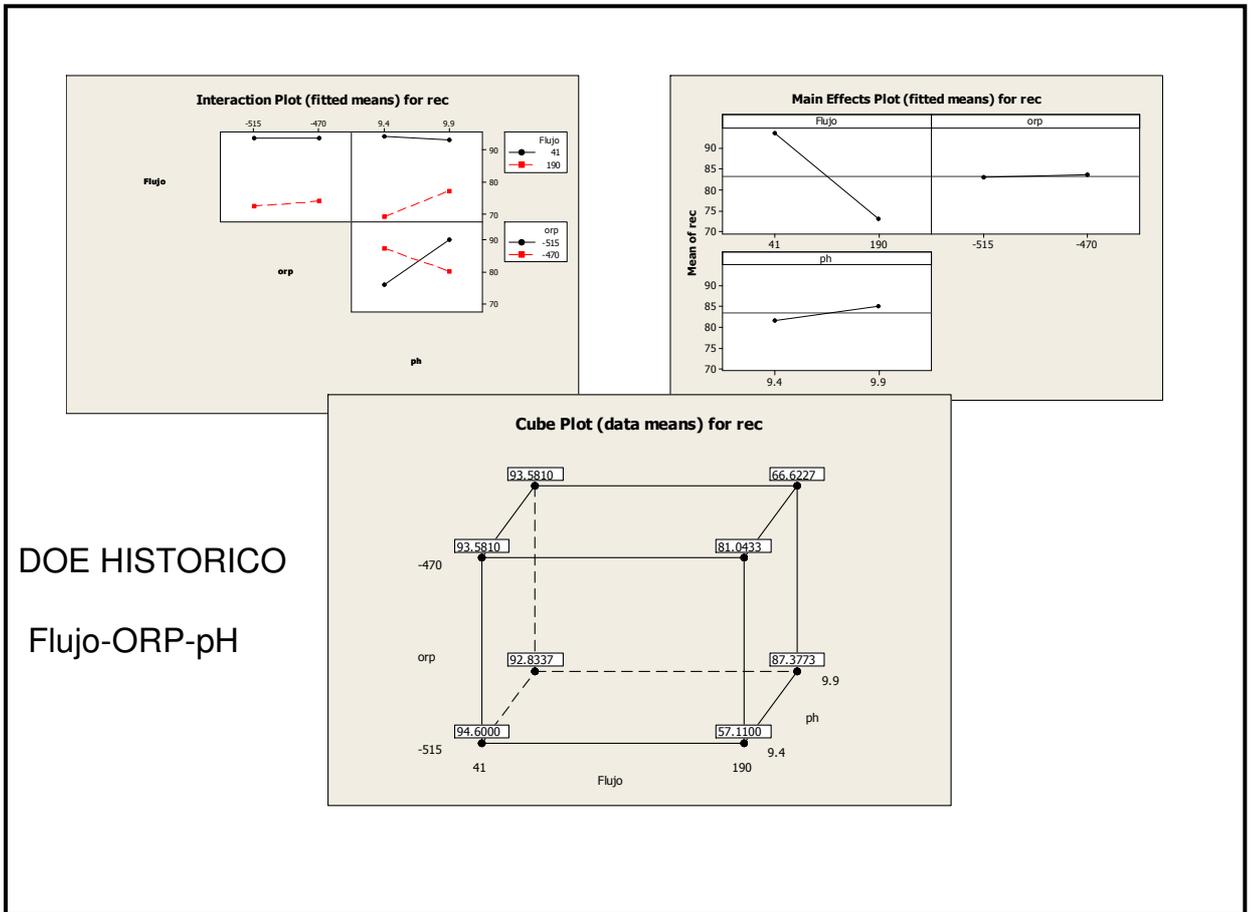
11



ANEXO C.4 Análisis de los outliers vs. días buenos de recuperación



ANEXO C.5 DOE histórico Flujo – ORP – pH vs. Recuperación.



ANEXO D

ANEXO D.1 Matriz de soluciones

MATRIZ DE SELECCIÓN DE MEJORAS

Proyecto: Mejora Recuperación Mo.

Día: 4/10/06

				X's de entrada (inputs) significativa verificadas														ACCIÓN RECOMENDADA		
Puntaje de significancia				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PUNTAJE DE IMPACTO GLOBAL		PUNTAJE DE RIESGO		PUNTAJE GLOBAL	ACCIÓN RECOMENDADA	
Problema	Causa verificada	Mejoras potenciales	Tareas específicas	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	Puntaje de impacto	1 a 7 (0 Alto 7 Bajo)	1 a 7 (0 Alto 7 Bajo)	PUNTAJE GLOBAL	SI - NO		
Baja Recuperación de Molibdeno en el circuito Rougher de Separación Cobre-Molibdeno	Flujo NaSH inadecuado	Colocar Lazo control ORP-NaSH-pH	Hacer Logica control	6	6	5	3	0	0	3	0	0	0	0	167	7	7	8163	SI	
			Implementar Pruebas																	
			Sintonia Mejoras																	
			Entrenar al personal																	
	Establecer parámetros de operación (cartilla operador)	Publicar cartillas	2	2	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	76	7	7	3724	No	
		Auditar																		
		Levantar información																		
		Correlaciones																		
	Adición NaSH con modelo matemático	Validar	5	5	4	1	0	4	0	0	0	0	0	0	136	6	6	4896	No	
		Realizar pruebas en laboratorio																		
		Monitorear																		
		Validar																		
	Retorno O/F Espes. Mo-Cu	Realizar pruebas	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	79	3	3	711	No	
		Monitorear																		
		Validar																		
		Monitorear																		
	Rangos de trabajo fuera de especificaciones	Lazo control ORP-NaSH	Hacer Logica control	6	6	5	3	0	0	3	0	0	0	0	167	7	7	8163	SI	
			Implementar Pruebas																	
			Sintonia Mejoras																	
			Coordinar																	
	Mantenimiento programado equipos	Implementar plan	6	6	4	4	4	0	6	5	4	4	4	309	6	7	12978	SI		
		Seguimiento																		
		Registro en planilla																		
		Analizar en línea																		
Control Preparación NaSH	Seguimiento	6	4	3	3	0	0	3	0	0	0	0	135	7	7	6615	SI			
	Seguimiento																			
	Seguimiento																			
	Seguimiento																			
Distintas formas de operación	Entrenamiento Personal	Evaluar cursos y metas	5	4	6	1	1	1	3	3	3	1	1	196	5	6	5880	SI		
		Registrar																		
		Registrar																		
		Registrar																		
Resumen de Procedimientos Operación	Designar responsables	4	4	6	1	1	1	3	3	3	1	1	189	5	6	5670	SI			
	Poner fechas límites																			
	Elaborar procedimientos																			
	Aprobarlos/Difundirlos																			
Taller de Compartir Conocimientos	Planear día / lugar	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	105	4	6	2520	No			
	Reunirse y analizar																			
	Sacar conclusiones																			
	Planear día / lugar																			
Establecer Parámetros de Operación	Levantar información	4	4	6	1	1	1	3	3	3	1	1	189	5	6	5670	SI			
	Evaluar rangos operación																			
	Difundir y entrenar																			
	Seguimiento																			
Variable Flujo alimentación	Colocar Lazo control Flujo-Ton producido	Hacer Logica control	0	0	6	0	7	0	0	0	0	0	0	112	7	7	5488	SI		
		Implementar Pruebas																		
		Sintonia Mejoras																		
		Hacer Logica control																		
Lazo Control con Espesador	Implementar	0	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	81	2	2	324	No			
	Pruebas																			
	Sintonia Mejoras																			
	Levantar información																			
Modelo (T/M, Leyes, Niveles, espesador)	Correlaciones	0	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	81	2	2	324	No			
	Regresiones																			
	Validar																			
	Hacer modificación																			
Mostrar Tonelaje en OWS	Hacer modificación	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	102	7	7	4998	No			
	Mostrar en DCS																			
	Seguimiento																			
	Seguimiento																			
Exceso Carga Circulante	Cleaner Scavenger	Evaluar configuración		P	R	O	Y	E	C	T	O									
		Sacar conclusiones																		
		Seguimiento																		
		Seguimiento																		
Control de Nivel y N2 en Rougher	Evaluar perfiles					S	I	X												
	Evaluar perfiles																			
	Difundir y entrenar																			
	Seguimiento																			
Proy. Micro Cell spargers	Evaluar					S	I	G	M	A										
	Seguimiento																			
	Seguimiento																			
	Seguimiento																			
Proy SixSigma Columnas	Proceso					D	M	A	I	C										
	DMAIC																			
	Enero																			
	Seguimiento																			
Falta Validación de Data	Calibrar Courier	Tomar data	5	6	6	6	0	0	7	0	0	0	0	211	5	6	6330	SI		
		Calibrar equipos																		
		Comparar resultados																		
		Seguimiento																		
Reubicación de Sensores	En proceso	5	6	6	6	0	0	7	0	0	0	0	211	5	6	6330	SI			
	Evolution																			
	Mejora																			
	Seguimiento																			
Aumentar puntos dosificación	Tomar data	5	6	6	6	0	0	7	0	0	0	0	211	5	6	6330	SI			
	Evaluar perfiles																			
	Implementar plan																			
	Seguimiento																			
Sintonía de Loops	Tomar data	6	6	4	4	4	0	6	5	4	4	4	309	6	7	12978	SI			
	Realizar sintonías																			
	Comparar resultados																			
	Seguimiento																			
No hay control en parámetros operación	Perfil de Nivel N2 / Niveles	Tomar data	0	0	5	0	0	0	0	7	0	0	0	70	1	1	70	No		
		Evaluar perfiles																		
		Difundir y entrenar																		
		Seguimiento																		
Lazo Control % Solidos	Hacer Logica control	3	4	6	0	0	0	3	0	1	5	7	191	6	6	6876	SI			
	Implementar Pruebas																			
	Sintonia Mejoras																			
	Seguimiento																			
Calibración instrumentos	Calibrar Courier	Tomar data	5	0	7	0	0	7	0	0	0	7	7	189	6	6	6804	SI		
		Calibrar equipos																		
		Comparar resultados																		
		Seguimiento																		

ANEXO D.2 Programa de Tareas para las soluciones.

NOMBRE DE LA TAREA	Quien?	Tiempo	Inicio	Final
Lazo de Control pH - NaSH - ORP	A.Inciso/I.Garcia	15 dias	28-Oct-06	11-Nov-06
Hacer Logica control		6	28-Oct-06	02-Nov-06
Implementarla		2	03-Nov-06	04-Nov-06
Pruebas		2	05-Nov-06	06-Nov-06
Sintonia		4	07-Nov-06	10-Nov-06
Validación		1	11-Nov-06	11-Nov-06
Control Preparación NaSH	J.Lira	19 dias	23-Oct-06	10-Nov-06
Preparación de planilla		1	23-Oct-06	23-Oct-06
Entrenar personal de reactivos		10	24-Oct-06	02-Nov-06
Publicar planilla		2	03-Nov-06	04-Nov-06
Seguimiento		6	05-Nov-06	10-Nov-06
Entrenamiento Personal	A.Castro/I.Menacho	39 dias	23-Oct-06	30-Nov-06
Evaluar cursos y metas		4	23-Oct-06	26-Oct-06
Hacer modulo entrenamiento		15	27-Oct-06	10-Nov-06
Entrenar a las guardias		20	11-Nov-06	30-Nov-06
Seguimiento		Siempre		
Resumen de Lineamientos de Operación	J.Linares/R.Díaz/M.Villón	38 dias	23-Oct-06	29-Nov-06
Designar responsables		1	23-Oct-06	23-Oct-06
Preparar Lineamientos		15	24-Oct-06	07-Nov-06
Aprobar Lineamientos		2	08-Nov-06	09-Nov-06
Difundirlos		10	10-Nov-06	19-Nov-06
Entrenar al personal		10	20-Nov-06	29-Nov-06
Colocar Lazo control Flujo-Ton producido	A.Inciso/I.Garcia	15 dias	28-Oct-06	11-Nov-06
Hacer Logica control		6	28-Oct-06	02-Nov-06
Implementarla		2	03-Nov-06	04-Nov-06
Pruebas		2	05-Nov-06	06-Nov-06
Sintonia		4	07-Nov-06	10-Nov-06
Mejoras		1	11-Nov-06	11-Nov-06
Calibrar Courier	H.Bueno	16 dias	23-Oct-06	07-Nov-06
Tomar data		6	23-Oct-06	28-Oct-06
Calibrar equipos		2	29-Oct-06	30-Oct-06
Comparar resultados		2	31-Oct-06	01-Nov-06
Seguimiento		6	02-Nov-06	07-Nov-06
Reubicacion de Sensores pH	C.Lanchipa	18 dias	23-Oct-06	09-Nov-06
Cambiar posicion		10	23-Oct-06	01-Nov-06
Evaluacion		3	02-Nov-06	04-Nov-06
Validacion		2	05-Nov-06	06-Nov-06
Mejora		3	07-Nov-06	09-Nov-06
Aumentar puntos dosificacion CO₂	C.Lanchipa	20 dias	23-Oct-06	11-Nov-06
Tomar data		6	23-Oct-06	28-Oct-06
Evaluar perfiles		2	29-Oct-06	30-Oct-06
Implementar plan		2	31-Oct-06	01-Nov-06
Seguimiento		6	02-Nov-06	07-Nov-06
Validación		4	08-Nov-06	11-Nov-06
Sintonia de Lazos de Control	A.Inciso/I.Garcia	15 dias	06-Nov-06	20-Nov-06
Tomar data		6	06-Nov-06	11-Nov-06
Realizar sintonia		4	12-Nov-06	15-Nov-06
Comparar resultados		3	16-Nov-06	18-Nov-06
Validacion		2	19-Nov-06	20-Nov-06
Lazo Control % Solidos	A.Inciso/I.Garcia	15 dias	23-Oct-06	06-Nov-06
Hacer Logica control		6	23-Oct-06	28-Oct-06
Implementarla		2	29-Oct-06	30-Oct-06
Pruebas		2	31-Oct-06	01-Nov-06
Sintonia		4	02-Nov-06	05-Nov-06
Validación		1	06-Nov-06	06-Nov-06

ANEXO D.3 Tareas Continuas

Rangos de trabajo fuera de especificaciones	Mantenimiento programado Equipos/Instrumentos	Quando?	Quien ?
	Coordinar Implementar plan Ejecutarlo	Siempre Reunion Semanal Siempre	Supervisores J.Linares Instrumentista
	Seguimiento	Siempre	Supervisor Flotación
No hay control en parámetros operación	Calibración instrumentos	Quando?	Quien ?
	Tomar data Calibrar equipos Comparar resultados	semanal cada 7 dias siempre	Instrumentista Instrumentista Instrumentista
	Seguimiento	siempre	Instrumentista

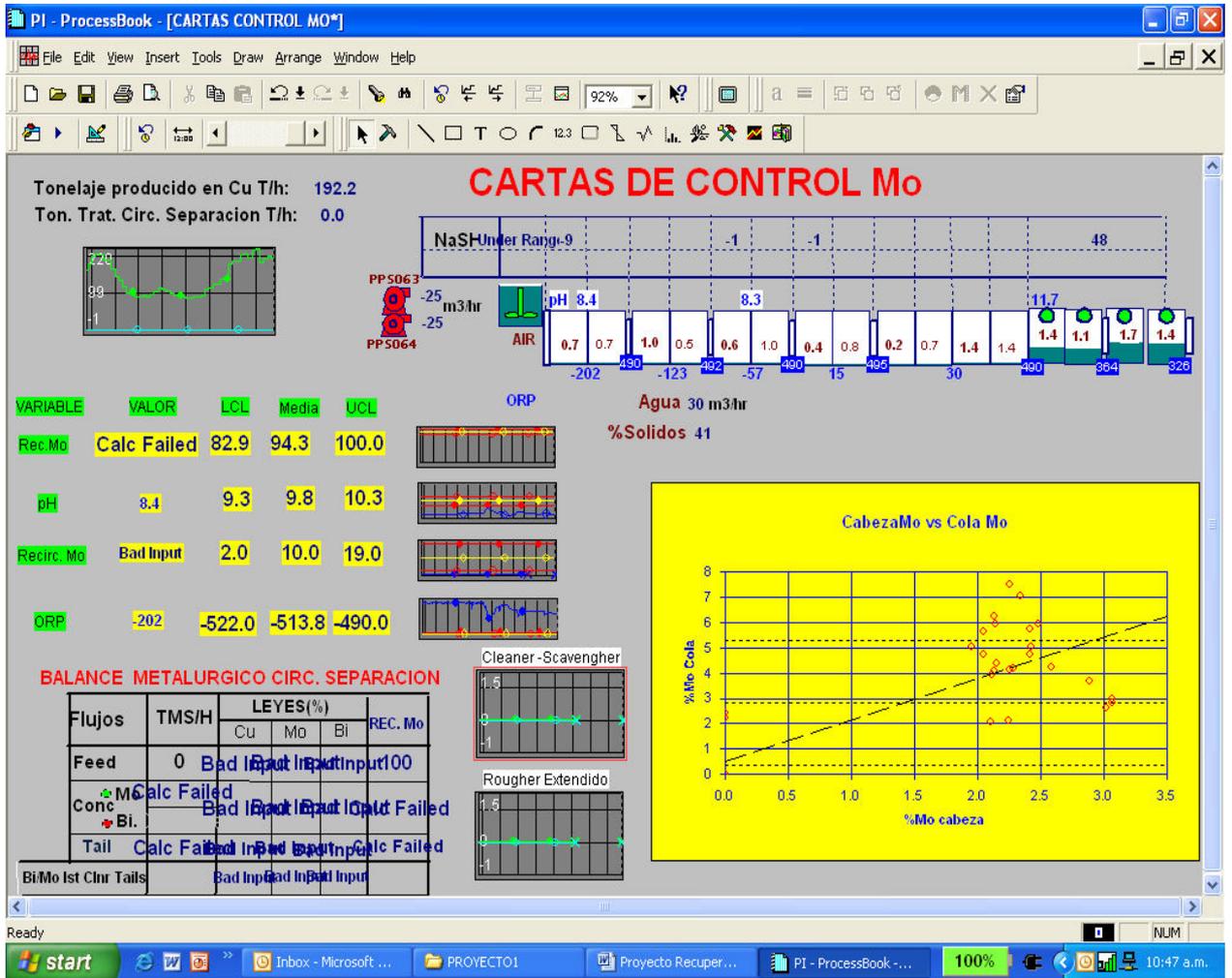
ANEXO D.4 Plan de implementación

Tarea Num	Qué	Quién	Para cuando	Apoyo requerido	Otros Recursos adicionales necesarios	Estado de actualización	Éxito medido por:
1.00	Lazo de Control pH / NaSH - ORP	A.Inciso/I.Garcia	11-Nov-06				
1.01	Hacer Logica control	A.Inciso	02-Nov-06	Ninguno	Diagramas Logica Control	Completo	
1.02	Implementarla	A.Inciso	04-Nov-06	Ninguno	Diagramas Logica Control	Completo	
1.03	Pruebas	I.Garcia	06-Nov-06	Supervisor Planta	DCS	Completo	
1.04	Sintonia	I.Garcia	10-Nov-06	Ninguno	DCS	Completo	
1.05	Validación	R.Diaz	11-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA
2.00	Control Preparación NaSH	J.Lira	10-Nov-06				
2.01	Preparación de planilla	J.Lira	23-Oct-06	Ninguno	Documento nuevo	Completa	
2.02	Entrenar personal de reactivos	Supervisor Molienda	02-Nov-06	Entrenamiento	Sala de reuniones	Completa	
2.03	Publicar planilla	J.Lira	04-Nov-06	Supervisor Planta	Mural	Completa	
2.04	Seguimiento	Supervisor	10-Nov-06	Supervisor Planta	Supervisión	Completa	Contol Cartilla
3.00	Entrenamiento Personal	A.Castrol/I.Menacho	30-Nov-06				
3.01	Evaluar cursos y metas	J.Linares	26-Oct-06	Supervisor	Manual Anterior	Completa	
3.02	Hacer modulo entrenamiento	A.Castro	10-Nov-06	Supervisor	Concentraining	Completa	
3.03	Entrenar a las guardias	A.Castrol/I.Menacho	30-Nov-06	Entrenamiento	Sala Reuniones	Completa	
3.04	Seguimiento	Supervisor		Supervisor	Supervisor	Completa	
4.00	Resumen de Lineamientos de Operación	J.Linares/R.Diaz/M.Villon	29-Nov-06				
4.01	Designar responsables	J.Linares	23-Oct-06	Ninguno	Ninguno	Completo	
4.02	Preparar Lineamientos	R.Diaz/M.Villon	07-Nov-06	BlackBelt	Manual Anterior	Completo	
4.03	Aprobar Lineamientos	J.Linares	09-Nov-06	Equipo SixSigma	Ninguno	Completo	
4.04	Difundirlos	Supervisores	19-Nov-06	Supervisor	Supervisor	Completo	
4.05	Entrenar al personal	Supervisores	29-Nov-06	Entrenamiento	Sala Reuniones	Completo	
5.00	Colocar Lazo control Flujo-Ton producido	A.Inciso/I.Garcia	11-Nov-06				
5.01	Hacer Logica control	A.Inciso	02-Nov-06	Ninguno	Diagramas Lógica Control	Completo	
5.02	Implementarla	A.Inciso	04-Nov-06	Ninguno	Diagramas Lógica Control	Completo	
5.03	Pruebas	I.Garcia	06-Nov-06	Supervisor Planta	DCS	Completo	
5.04	Sintonia	I.Garcia	10-Nov-06	Ninguno	DCS	Completo	
5.05	Validación	R.Diaz	11-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA
6.00	Calibrar Courier	H.Bueno	07-Nov-06				
6.01	Tomar data	H.Bueno	28-Oct-06	Supervisor Metalurgia	Laboratorio Químico	Completo	
6.02	Calibrar equipo	H.Bueno	30-Oct-06	Ninguno	Calibracion anterior	Completo	
6.03	Comparar resultados	D.Estrella	01-Nov-06	Supervisor Quimico	Data anterior	Completo	
6.04	Seguimiento	H.Bueno	06-Nov-06	Supervisor Planta	Supervisor	Completo	
6.05	Validación	R.Diaz	07-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA
7.00	Reubicación de Sensores pH	C.Lanchipa	09-Nov-06				
7.01	Cambiar posición	C.Lanchipa	11-Nov-06	Instrumentista	Data anterior	Completo	
7.02	Evaluación	W.Marrufu	04-Nov-06	Supervisor	Data anterior	Completo	MSA
7.03	Validación	R.Diaz	06-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA
7.04	Seguimiento	Supervisores	09-Nov-06	Ninguno	Supervisor	Completo	
8.00	Aumentar puntos dosificacion CO₂	C.Lanchipa	11-Nov-06				
8.01	Tomar data	C.Lanchipa	28-Oct-06	Supervisor Metalurgia	Operador Flotación	Completo	
8.02	Evaluar perfiles	D.Estrella	30-Oct-06	Supervisor Metalurgia	Supervisor Flotación	Completo	
8.03	Implementar plan	D.Estrella	01-Nov-06	Ninguno	Diagramas Logica Control	Completo	
8.04	Seguimiento	C.Lanchipa	07-Nov-06	Ninguno	Supervisor	Completo	
8.05	Validación	D.Estrella	11-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA
9.00	Sintonia de Lazos de Control	A.Inciso/I.Garcia	20-Nov-06				
9.01	Tomar data	A.Inciso	11-Nov-06	Sup.Control Procesos	Data PI	Completo	
9.02	Realizar sintonia	A.Inciso	15-Nov-06	Sup.Control Procesos	Data PI	Completo	
9.03	Comparar resultados	I.Garcia	18-Nov-06	BB	Data Anterior	Completo	
9.04	Validación	R.Diaz	20-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA
10.00	Lazo Control % Solidos	A.Inciso/I.Garcia	06-Nov-06				
10.01	Hacer Logica control	A.Inciso	28-Oct-06	Ninguno	Diagrama Logica Control	Completo	
10.02	Implementarla	A.Inciso	30-Oct-06	Ninguno	Diagrama Logica Control	Completo	
10.03	Pruebas	I.Garcia	01-Nov-06	Supervisor Planta	DCS	Completo	
10.04	Sintonia	I.Garcia	05-Nov-06	Ninguno	DCS	Completo	
10.05	Validación	R.Diaz	06-Nov-06	BB	Minitab	Completo	MSA

ANEXO D.5 Plan de Monitoreo

#	Entrada/Salida/Proceso	Como se monitorea	Cuando se monitorea	Responsabilidad permanente	Actuadores permanentes	Responsabilidad de Revisión
1	Salida Recuperación	Carta de control I-MR Chart 	Ensaye Quimico del Composito del dia.	Supervisor Senior	Laboratorio Quimico	Javier Linares
2	Salida Recuperación	PI (Carta Control I-MR Chart) 	Monitoreo continuo	Supervisor Flotacion	Operador de Planta Supervisor Sala Control Supervisor Control de Proceso	Supervisor Senior
3	Entrada Flujo NaSH	PI (Lazo Control)	Monitoreo continuo	Supervisor Flotacion	Operador de Planta Supervisor Sala Control Supervisor Control de Proceso	Supervisor Senior
4	Entrada ORP	PI (Lazo Control) 	Monitoreo continuo	Supervisor Flotacion	Operador de Planta Supervisor Sala Control Supervisor Control de Proceso	Supervisor Senior
5	Entrada Operador	Capacitacion Continua TEST	una vez trimestral	Supervisor Senior	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
6	Entrada pH	PI (Carta Control I-MR Chart) 	Monitoreo continuo	Instrumentista	Operador de Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
7	Entrada Flujo alimentación	PI (Lazo Control)	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
8	Entrada H2S	PI (Lazo Control)	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
9	Entrada % Solidos	PI (Lazo Control)	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
10	Entrada Courier	DCS - Laboratorio Comparacion	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
11	Entrada Recirculacion	PI (Carta Control I-MR Chart) 	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
12	Entrada Nivel Espumas	PI (Lazo Control)	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
13	Entrada Nitrogeno a celdas	PI (Lazo Control)	Monitoreo continuo	Supervisor Sala Control	Operador Planta Supervisor Flotacion	Supervisor Senior

ANEXO D.6 Cartas de Control



ANEXO D.7 Plan de documentación

Documento	Elementos Necesarios	Responsabilidad de corto plazo	Responsabilidad permanente	Actuadores permanentes	Responsabilidad de Revisión
Mapa del Proceso	Documento disponible para su revisión y actualización	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Diagrama de Flujo	Documento disponible para su revisión y actualización	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Procedimiento actualizado	Documento disponible	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
FMEA	Documento disponible	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Plan de Entrenamiento	Procedimiento actualizado y programa de entrenamiento	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Plan de Monitoreo	Cartas de control	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Cartas de Control	Data del Sistema DCS y PI	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Plan de Respuesta	FMEA actualizado	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares
Plan de Alineamiento de Sistemas y Estructuras	Documento disponible	Supervisores de Area	Supervisor Senior	Operadores Flotacion	Javier Linares

ANEXO D.8 Plan de Alineamiento de sistemas y estructuras

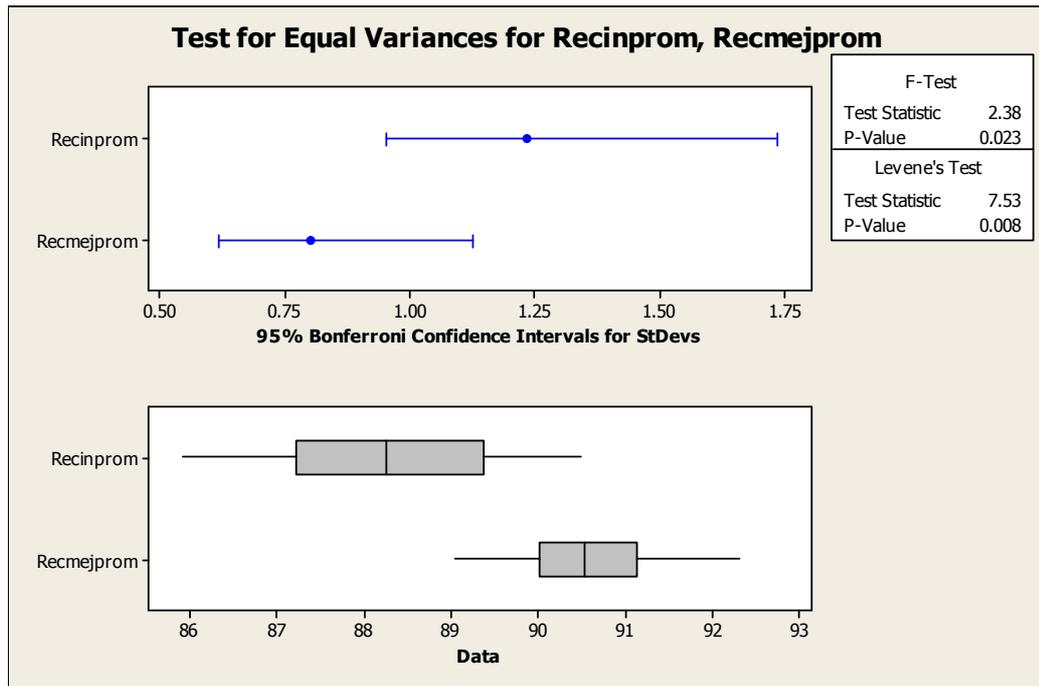
Sistema y Estructura	Descripción del Cambio necesario	Persona responsable	Fecha para completar	Medida de éxito
1. Personal	Estandarizacion de criterios de opeacion	Supervisor Flotacion	30-01-07	Kpi's del proceso
2. Entrenamiento	Programa de entrenamiento y Monitoreo	Supervisor Flotacion	30-01-07	Test Control
3. IT	Modulo de asignación de camiones al boulevard de Cambio de Turno.	Administración de Despacho	30-01-07	Test de control
4. Medidas de Rendimiento	Kpi's para el cambio de turno	Supervisor Senior	30-01-07	Cartas de control
5. Compensación	Reconocimiento al personal	Dueño del Proceso		Cartas de reconocimiento
6. Diseño Organizacional	Nuevo procedimiento del proceso	Dueño del Proceso	30-01-07	Test de cumplimiento
7. Comunicación	Continua y abierta	Supervisor Senior	30-01-07	Encuesta de satisfacción

ANEXO D.9 Plan de Respuesta.

#	Actuador permanente	Especificaciones Superior e Inferior	Acciones a tomar si fuera de límites	Quién es responsable de tomar la acción	Proceso de Escalamiento	Responsabilidad de Revisión
1	Supervisor Sala Control	Recuperacion inferior 82.94	Comunicar a Operador y Supervisor de Flotacion	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior	Supervisor Senior
2	Supervisor Sala Control	Ph min =9.3	Revisión de lazo Control	Sala de Control	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
3	Supervisor Sala Control	Ph max =10.3	Revisión de Presión de CO2	Sala de Control	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior
4	Supervisor Sala Control	ORP min = -522 mv	Revisión adición de NaSH	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior	Supervisor Senior
5	Supervisor Sala Control	ORP max = -490 mv	Revisión de Valor en Campo	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior	Supervisor Senior
6	Supervisor Sala Control	Mo en cola 1ra max=19%	Tomar muestra para laboratorio	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior	Supervisor Senior
7			Control de columnas 1ra limpieza	Supervisor Flotacion	Supervisor Senior	Supervisor Senior
8	Supervisor Sala Control	Flujo alimentacion 0	Revisión de datos courier Cu	Supervisor Flotacion	Supervisor Control Procesos	Supervisor Senior

ANEXO E

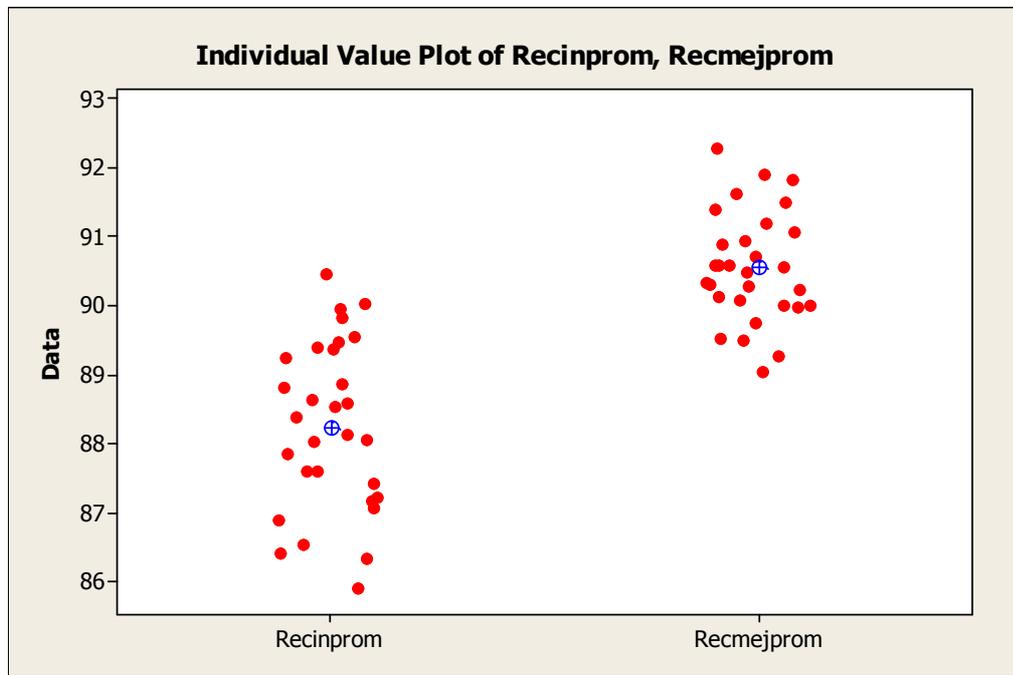
ANEXO E.1 Test de Igualdad de Varianzas para Recuperación inicial y mejorada.



Para poder realizar un test de medias, es necesario que las varianzas de las muestras deben ser o estar muy próximas.

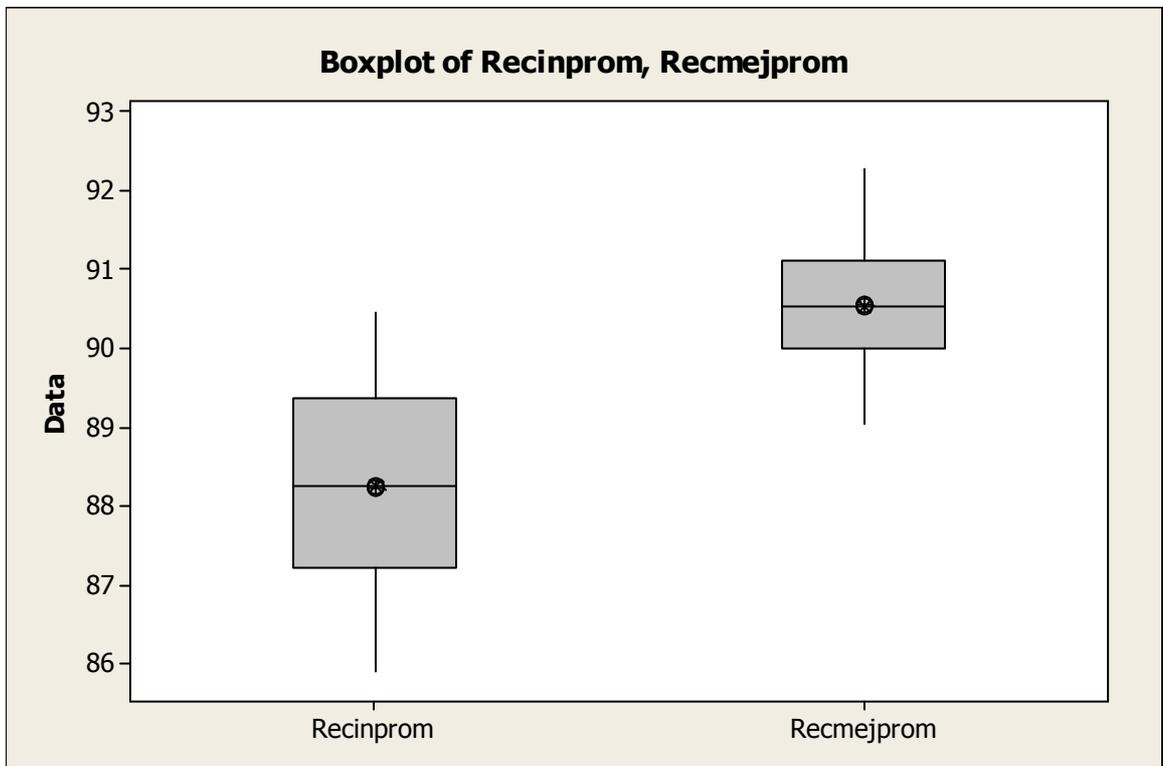
Es por ello que se realizan las pruebas de Varianzas como requisito de una prueba estadística.

ANEXO E.2 Individual Plot para recuperación



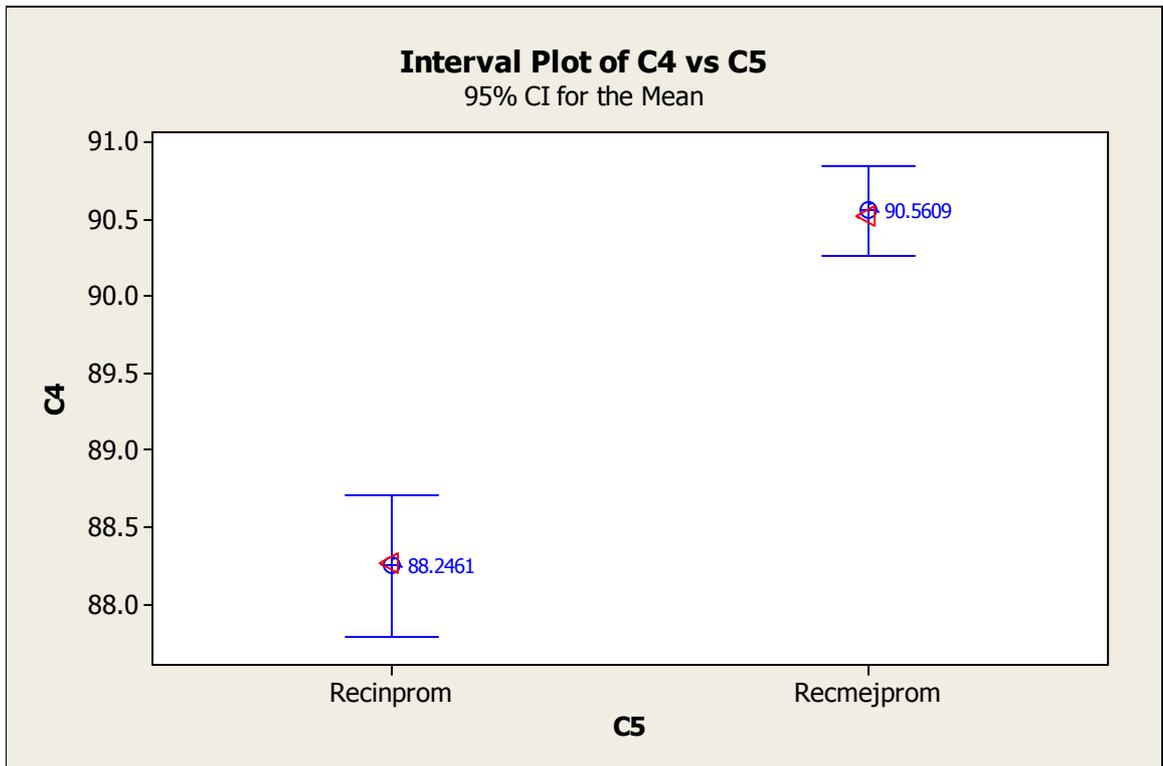
Método grafico que nos permite ver cual ha sido el impacto en el proceso luego de haber implementado las mejoras en el circuito o proceso.

ANEXO E.3 Box Plot para recuperación



Método gráfico que nos permite observar las diferencias entre los promedios de las Recuperaciones antes y después de aplicar las soluciones halladas.

ANEXO E.4 Intervalo de Ploteo para recuperación



Otro método gráfico para determinar las diferencias entre antes y después del proyecto.

GLOSARIO

Proveedor	El que entrega los ingresos (inputs) para su proceso
Ingreso (Input)	Materiales o datos a los que el proceso les hace algo
Proceso	Actividades que se deben realizar para satisfacer los requerimientos del cliente
Resultado (Output)	Material o datos que resulten de la operación del proceso
Cliente	El que recibe el resultado (output) del proceso
VOC	Voz del Cliente
SIPOC	Proveedor-Ingresos-Proceso-Salidas-Cliente
ORP	Potencial Oxidoreducción
pH	
FMEA	Análisis de Modo de Falla
Gage R&R	Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad
Courier	Analizador de Rayos X
DSA	Análisis de Sistema de Decisión
NaSH	Hidrosulfuro de Sodio
H2S	Gas Cianhídrico
Outlier	Fuera de rango
ppm	Partes por millón
Zlp	Valor sigma de largo plazo
LSL	Limite inferior de control
PI System	Software de captura de datos
Recinprom	Recuperación inicial promedio
Recmejprom	Recuperación mejorada promedio
DOE	Diseño de experimentos
Stakeholders	Afectados del proceso
FT	Flujo total de alimentación
mV	milivoltios
Q1	Cuartil 1 del histograma
Q3	Cuartil 3 del histograma
StDev	Desviación estándar
Mean	Media
N	Numero de muestras
IQR	Intercuartil (diferencia de Q3-Q1)