

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



**“ALTERNATIVA PARA CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE
RELAVES EN COMPAÑÍA MINERA AUREX”**

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:
EDWARD PÉREZ ASENCIOS

Lima – Perú

2012

DEDICATORIA

**A mi Familia: por todo lo que significan para mí
y por su apoyo para lograr mis metas.**

RESUMEN

La Compañía Minera Aurífera Aurex S.A. se encontraba en operación y en una franca expansión de sus operaciones, producto de ello y como necesidad operativa era necesaria la construcción de nuevos depósitos de relaves.

A lo antes mencionado hay que señalar que, por su condición de empresa remediadora de pasivos ambiental antiguos, las reservas potenciales necesarias para la operación variaban constantemente y se incrementaron en los últimos años, y los depósitos de relaves con los que contaba la empresa se encontraban prácticamente colmatados, lo cual hacía peligrar la continuidad de la operación en el tiempo ya que sólo se contaba con el espacio necesario para depositar los relaves hasta fines del año 2009.

Se planteó la construcción de un nuevo depósito de relaves para la abastecer la cantidad de reservas de la empresa (para el año 2009), pero debido a los precios bajos y la difícil situación económica que en aquel entonces atravesaba la compañía, se planteó realizar la construcción con recursos propios para disminuir los costos asociados al proyecto

Asimismo, se dividió la construcción de la relavera (de 4 Ha. de área y 10 m. altura) en 2 etapas (cada una de 2 Ha. de área) y 2 niveles (cada etapa inicialmente tendría 6 m. y posteriormente se completaría los 4 m. faltantes).

El uso de recursos propios, se estima generará un ahorro de 40% del costo con respecto a lo presupuestado en el proyecto original, con lo cual se cumplieran los objetivos trazados de disminuir los costos asociados al proyecto y generar continuidad en la operación.

I N D I C E

	Pag
DEDICATORIA	i
RESUMEN	ii
INDICE	iv
RELACIÓN DE FIGURAS	vii
RELACIÓN DE CUADROS	viii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I:ASPECTOS GENERALES	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 UBICACIÓN Y ACCESO	3
1.3 RECURSOS POTENCIALES DE RELAVES	5
1.4 INSTALACIONES PLANTA DE BENEFICIO	6
1.4.1 Acarreo y recepción del relave	6
1.4.2 Repulpeo y separación de orgánicos	7
1.4.3 Lixiviación en medio alcalino	8
1.4.4 Separación Sólido – líquido	9
1.4.5 Recuperación y precipitación de plata	13
1.4.6 Fundición de cementos de plata y oro	15
1.5 TRANSPORTE Y COMERCIALIZACIÓN	17

CAPITULO II: RELAVERA 2007	18
2.1 SUSTENTO	18
2.2 CARACTERÍSTICAS	21
2.3 DETALLES DE INGENIERÍA DEL PROYECTO	24
2.4 DESVÍO DEL RÍO QUIULACOCHA	29
2.4.1 Sustento	29
2.4.2 Características	30
2.4.3 Detalles de Ingeniería del desvío	38
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	41
3.1 ESCENARIO DE LA CONPAÑÍA	41
3.1.1 Aspectos Operativos	42
3.1.1.1 Proceso metalúrgico	42
3.1.1.2 Reservas	43
3.1.1.3 Perspectivas futuras	45
3.1.2 Aspectos Económicos	45
3.1.3 Aspectos Sociales	49
3.1.4 Aspectos Globales	50
3.2 ANÁLISIS DE FACTORES	53
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	55
4.1 EVALUACIONES	55
4.1.1 Diseño e ingeniería	55
4.1.2 Costos del proyecto	56
4.1.3 Tiempo y cronogramas	56
4.2 ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	57

4.2.1 Consideraciones para el diseño del depósito de relaves	58
4.2.2 Consideraciones para el cambio del costo inicial	58
4.2.2.1 Desviación de Río Quiulacochoa	60
4.2.3 Capacidad de almacenamiento	64
4.2.4 Instalación de sistema de drenaje	71
4.2.5 Instalación de geomembrana	72
4.2.6 Cronograma general de actividades	75
4.2.7 Evaluación económica	75
CAPITULO V: EJECUCIÓN DE RELAVERA 2007 – I ETAPA – I NIVEL	78
5.1 LÍNEA BASE	78
5.2 DISTRIBUCIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS	79
5.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	82
5.3.1 Incidencias	80
5.4 INSTALACIÓN DE SUB-DRENES	84
5.5 DESVÍO DEL RÍO QUIULACOCHA	85
5.5.1 Incidencias	85
5.5.2 Autorizaciones	87
5.6 IMPERMEABILIZACIÓN	88
5.7 AUTORIZACIONES Y PUESTA EN MARCHA	90
5.7.1 Autorización de funcionamiento	90
5.8 COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO	91
CONCLUSIONES	96
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	100

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la Planta Andes	4
Figura 2: Esquema de proceso Merrill Crowe y fundición	12
Figura 3: Filtro Sparkler	14
Figura 4: Filtro prensa y su conformación	15
Figura 5: Precipitación máxima de 24 horas	31
Figura 6: Cauce anterior del Río Quiulacocha	32
Figura 7: Esquema Dique de desvío	62
Figura 8: Esquema Dique de entrega	63
Figura 9: Trabajo con equipos	81
Figura 10: Toma muestra de compactación	82
Figura 11: Instalación de sub-drenes	84
Figura 12: Puente de desvío del Río	86
Figura 13: Desvío de Río Quiulacocha	87
Figura 14: Instalación de geomembrana	89
Figura 15: Funcionamiento relavera	90

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N° 1: Granulometría del tanque agitador	8
Cuadro N° 2: Cronograma de Obra inmediata	22
Cuadro N° 3: Cuadro estimativo de costos iniciales	22
Cuadro N° 4: Precipitación máxima de 24 horas	31
Cuadro N° 5: Reservas de relaves a setiembre del 2009	44
Cuadro N° 6: Balance General 2009 (S/.)	47
Cuadro N° 7: Estado de Ganancias y Pérdidas (S/.)	48
Cuadro N° 8: Venta de Plata y variación de precios (2008-2011)	51
Cuadro N° 9: Venta de Oro y variación de precios (2008-2011)	52
Cuadro N° 10: Volúmenes para desviación del río	60
Cuadro N° 11: Presupuesto – Canal de derivación	61
Cuadro N° 12: Presupuesto – Dique de desvío	62
Cuadro N° 13: Presupuesto – Dique de entrega	64
Cuadro N° 14: Capacidad total de Relavera	65
Cuadro N° 15: Volumen a retirar del vaso	67
Cuadro N° 16: Resumen de volúmenes a trabajar	69
Cuadro N° 17: Presupuesto – Limpieza de vaso de relavera	69
Cuadro N° 18: Presupuesto – Levantamiento de diques	70

Cuadro N° 19: Presupuesto – Instalación tubería de drenaje	71
Cuadro N° 20: Presupuesto – Tendido de relave	72
Cuadro N° 21: Presupuesto – Instalación de geomembrana	73
Cuadro N° 22: Presupuesto – Resumen de costos del proyecto	74
Cuadro N° 23: Evaluación Económica	76
Cuadro N° 24: Control de horas de equipos	92
Cuadro N° 25: Costo Relavera por Ítem	93
Cuadro N° 26: Costo mensual Relavera	93
Cuadro N° 27: Actividades Relavera 2007 – 1° Etapa – 1° Nivel	95

INTRODUCCIÓN

Compañía Minera Aurífera Aurex S.A. encargó a una empresa especializada la elaboración del expediente para la construcción de un nuevo depósito de relaves debido a que los depósitos con los que contaba estaban llegando al final de su vida útil, con lo cual dicha construcción representaba un trabajo de prioridad para los intereses de la compañía.

Una vez realizado el expediente se presentó otro problema, la inversión estimada para el proyecto era considerablemente elevada para la solvencia económica de la empresa, esto debido a las características técnicas con las que fue diseñada la relavera (revestimiento con geomembrana, material de préstamo adecuado y debidamente compactado, etc.).

Un tercer problema, era que teníamos al en el área destinada para la construcción de nuestra relavera 2007 el cauce del Río Ragra (también llamado Río Quiulacocha), por lo cual previamente a cualquier movimiento

de tierra que deseáramos realizar primero deberíamos realizar el desvío del cauce del río.

Para ello debemos evaluar las mejores opciones de solución para los problemas presentados y una adecuada evaluación económica para hacer factible la construcción del nuevo depósito de relaves. Los objetivos a cumplir son:

- Garantizar el normal funcionamiento futuro de la planta con la construcción de un depósito apropiado para la deposición de relaves.
- Evaluación y reducción de costos asociados a la inversión del proyecto.
- Control de tiempos y cronogramas para evitar problemas en el normal funcionamiento de las operaciones.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 GENERALIDADES

Compañía Minera Aurífera Aurex S.A., empresa minera privada dedicada al tratamiento de relaves que han sido acumuladas en operaciones mineras de la época colonial (argentíferos), para tal fin, se viene trabajando en la Planta Andes (planta de beneficio) con capacidad de 180 TMS/día, la cual tiene un depósito de relaves e instalaciones auxiliares para garantizar la continuidad de la operación por los próximos años.

1.2 UBICACIÓN Y ACCESO

La Planta de Beneficio ANDES se ubica de la siguiente manera:

- Paraje: Uchucancha
- Anexo: Comunidad Yurajhuanca
- Distrito: Simón Bolívar de Rancas
- Provincia: Pasco
- Departamento: Pasco

La altitud media del área es 4,185 msnm.

La vía de acceso desde la ciudad de Lima es el siguiente:

* Vía Asfaltada:

Lima – La Oroya 186.0 Km.

La Oroya – Cerro de Pasco 129.0 Km.

* Vía Carrozable:

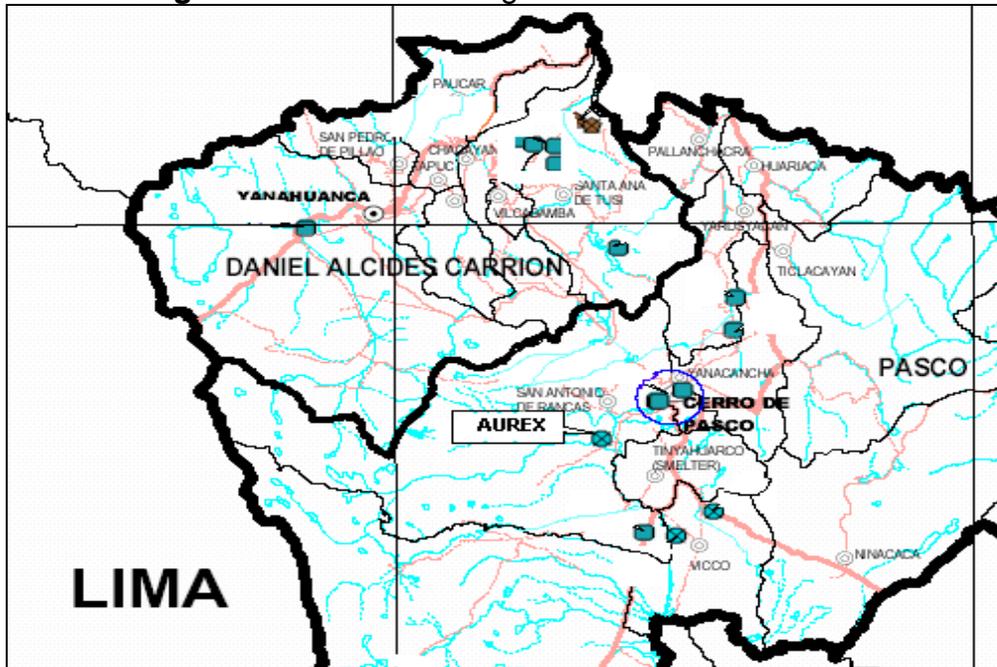
Cerro de Pasco – Planta Andes 8.0 Km.

* Vía Aérea:

Lima – Huánuco

Huánuco – Cerro de Pasco – Planta Andes

Figura 1: Ubicación Geográfica de la Plana Andes



FuenFuente: Área de Geología - Aurex

1.3 RECURSOS POTENCIALES DE RELAVES

AUREX S. A., en esta parte de sus operaciones, no cuenta con un Yacimiento mineralizado como Recurso Mineral; la inversión que ha hecho la minera, es específicamente para la construcción de una Planta de Beneficio, con el fin de **“TRATAR LOS RELAVES COLONIALES”**, las cuales han sido calificadas como Pasivos Ambientales.

En otras palabras, las acciones operativas de la minera cuenta con Recursos Minerales Temporales; a la vez que viene realizando trabajos de remediación ambiental.

La Planta de Beneficio ANDES ha sido diseñada para el tratamiento de relaves argentíferos que yacían en las canchas denominadas ANTON, ubicadas en el paraje de Uchucancha, distrito de Simón Bolívar – Rancas.

Los materiales que se tratan son los antiguos relaves de amalgamación producidos por los españoles en la Época de la Colonia, los mismos que se encuentran depositados en la superficie con una potencia que varía desde 30 cm hasta 1.50 metros.

Actualmente, nuestros depósitos se encuentran a diferentes distancias de la Planta Andes, llegando en algunos casos a 24 ó 30 km De distancias.

1.4 INSTALACIONES DE PLANTA DE BENEFICIO

La descripción del procesamiento es el siguiente:

- a. Acarreo y recepción del relave
- b. Repulpeo y separación de orgánicos
- c. Lixiviación en medio alcalino para disolver plata
- d. Separación sólido – líquido y lavado en contracorriente
- e. Recuperación de plata por des-aireación y precipitación con polvo de zinc
- f. Fundición de cementos de plata y oro

1.4.1 Acarreo y recepción del relave

Los relaves provenientes de las zonas de extracción, ubicadas en algunos casos a varios kilómetros de la planta, son cargados por medio de una excavadora o un cargador frontal, el cual alimenta a camiones de 15 m³ de capacidad.

Los camiones trasladan la carga de la zona de extracción hacia la planta andes, donde tienen 2 posibles destinos:

Stock Pile, donde se almacenan los relaves frescos, para tener material disponible en stock y poder también realizar el blending entre el relave fresco y el antiguo, y entre los relaves con diferentes tipos de leyes.

Tolva de finos, son los relaves que ingresan al proceso metalúrgico.

1.4.2 Repulpeo y separación de orgánicos

El relave pasa de la tolva de finos al trommel lavador donde se inicia el repulpado del mineral. Diariamente ingresan al trommel lavador 180 Toneladas métricas de mineral con una humedad promedio de 25%. Al relave colonial que se alimenta al trommel, se le agrega lechada de cal con un volumen de 60.00 m³ diarios, solución de Cianuro con un volumen de 10.80 m³ diarios y 360.7 m³ diarios de Solución Intermedia para lograr las condiciones ideales de repulpeo que son de 1,220 gr/l. de densidad de pulpa con un 30% de sólidos.

Durante la molienda se agrega primero cal en forma de Lechada con el fin de darle al mineral las condiciones necesarias para poder iniciar la lixiviación, elevando el pH a 11.7 y luego la solución de Cianuro de Sodio con una concentración de 0.15% (fuerza de cianuro) para iniciar el proceso de lixiviación de la Plata y el Oro, aprovechando la cinética que se genera dentro del circuito.

El Cuadro N° 1 mostrado abajo, muestra el mineral que pasa al Tanque Agitador N° 1; el que debe tener una granulometría mínima del 80% menos 200 mallas.

Cuadro N° 1: Granulometría para el tanque agitador

Balance de carga al ingreso del mineral al molino		
	Cantidad	Concentración
Relave colonial	180.00 TM	
H ₂ O en el mineral	44.10 m ³	
Solución de Cianuro	10.80 m ³	0.150 ppm
Lechada de cal	360.70 m ³	10 %
Solución Intermedia	13.10 m ³	0.050 ppm
Den. de pulpa promedio del over	1,220 gr/lit	
% de sólidos promedio del over	29 – 30	
Densidad del mineral	2.60	

Fuente: Área de Planta - Aurex

1.4.3 Lixiviación en medio alcalino para disolver plata

La lixiviación del mineral está constituida por 3 tanques de 10' de diámetro x 10' de altura con una capacidad de 20.00 m³ cada uno; y 3 tanques de 25' x 25' con una capacidad de 345.00 m³, provistos de agitadores de 12 y 30 Hp respectivamente, con doble hélice y deflectores para asegurar la completa utilización de cada uno de los tanques.

La pulpa es transferida de un tanque agitador a otro por rebose y del primer tanque agitador 25' x 25' ingresa al circuito de espesadores de lavado en contra corriente y la pulpa del under flow retorna al segundo tanque agitador para completar el proceso de lixiviación.

El control del pH se realiza manualmente con la adición de cal, que es circulada entre el sistema de preparación de cal y la planta a través de una bomba centrífuga de 1" x ½" de anillo cerrado.

El over flow o solución recuperada en los tanques espesadores primarios pasa a la poza de Solución Rica, y de allí a la planta de Merrill Crowe.

1.4.4 Separación sólido – líquido y lavado en contracorriente

Para recuperar los valores disueltos de plata y que se encuentra en solución se utilizan 3 espesadores de 34' x 10' dispuestos en serie y en cascada, en cada espesador se adiciona floculante en el feed well (cono de alimentación de pulpa) a razón de 0.030 Kg/t en el primer espesador, 0.020 Kg/t en el segundo y 0.010 Kg/t en el tercer espesador. En el segundo se adiciona coagulante para formar coágulos de coloides presentes en las soluciones

La alimentación al Primer Espesador, está constituido por el producto de lixiviación y el rebose clarificado del Segundo Espesador, alimentados ambos por gravedad.

El rebose del Primer Espesador (espesador principal) es la solución rica y es enviada a la Planta de de-aireación y precipitación Merrill Crowe.

El producto sedimentado de esta etapa se transfiere con una bomba similar (2½" x 2") a la cabeza del Tercer Espesador de lavado en contracorriente en el que también se incluye floculantes en las dosificaciones indicadas anteriormente.

Junto con la solución barren, alimentada al Tercer Espesador de lavado, se adiciona lechada de cal (CaO), para asegurar pH de 11.7 en el alimento total de esta unidad.

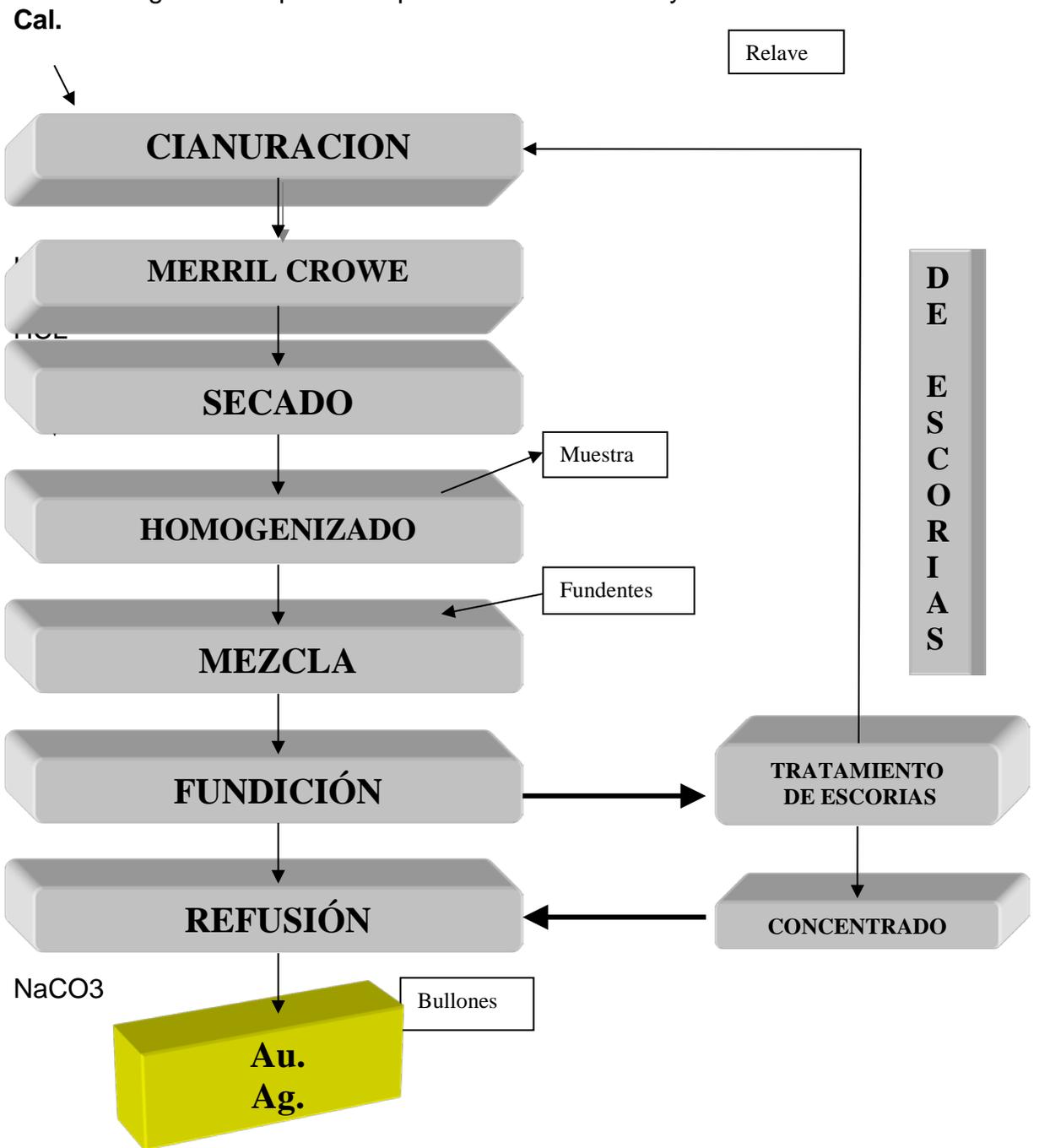
El producto sedimentado del Tercer Espesador a una densidad de 1,500 Gr/l constituye el relave de esta fase de la Planta y es transportado a la cancha de relaves con (2) dos bombas verticales de 2½" x 2" (un stand by).

El consumo promedio de floculante durante la operación de la Planta es de 45 gramos por tonelada de mineral, siendo la concentración de 0.05% en promedio. El consumo de coagulante es aproximadamente 0.245 Kg/m³ de solución.

La solución que sobrenada en la cancha de relaves en un promedio de 300.00 m³ diarios es bombeada a la Planta, a la poza de Solución Intermedia, desde donde se distribuye a diversos puntos de la referida Planta.

Es importante señalar que parte de la solución que ingresa a la cancha de relaves pasa por un proceso de evaporación que se ha calculado en 47.60 m³ por día.

Figura 2: esquema de proceso Merrill Crowe y fundición



Fuente: Área de Planta - Aurex

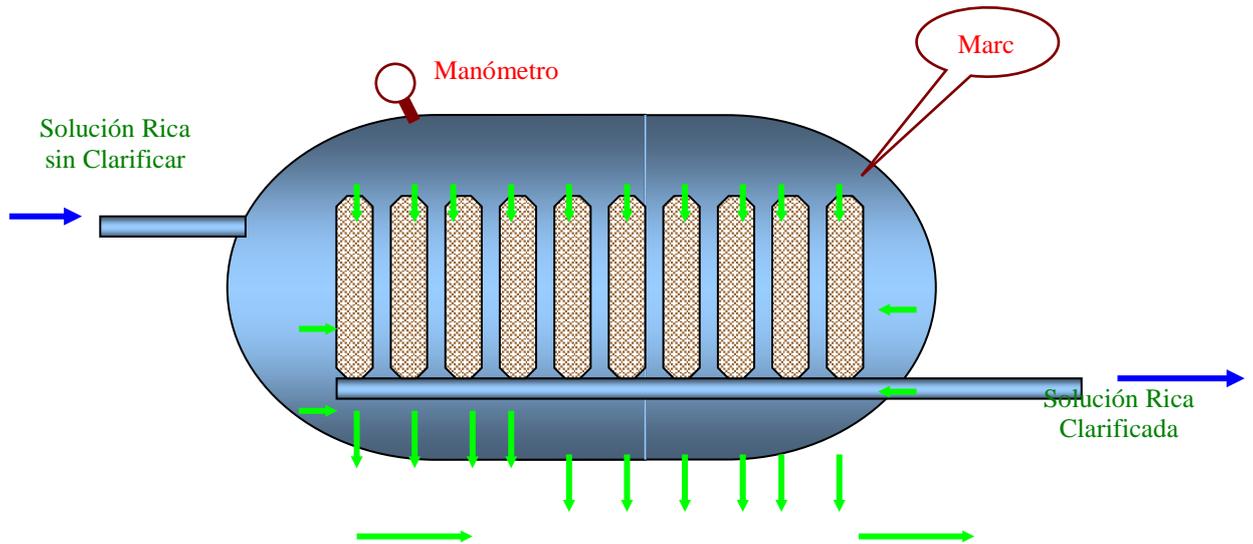
1.4.5 Recuperación y precipitación de plata

La solución rica obtenida en el Primer Espesador de lavado ó lavado principal, conteniendo <150 ppm de sólidos en suspensión, es transferida al filtro clarificador a un flujo de 669.70 m³/día y presión de 50 PSI, mediante bomba de velocidad variable.

Para remover eficientemente los sólidos contenidos en la solución, se utiliza diatomita, como pre-recubrimiento del filtro clarificador; utilizando un sistema de preparación y alimentación, constituido por un tanque mezclador de 1.80 m³ con agitador de 1 Hp y bomba de alimentación de capacidad similar a la anterior; pero, con cabeza dinámica total de 25.00 m.

La Diatomita utilizada en los filtros clarificadores, junto con los sólidos recuperados, son recirculados a la etapa de molienda para la separación de valores, que pudiesen contener y su descarte final a través de los relaves sólidos.

Figura 3: Filtro Sparkler,

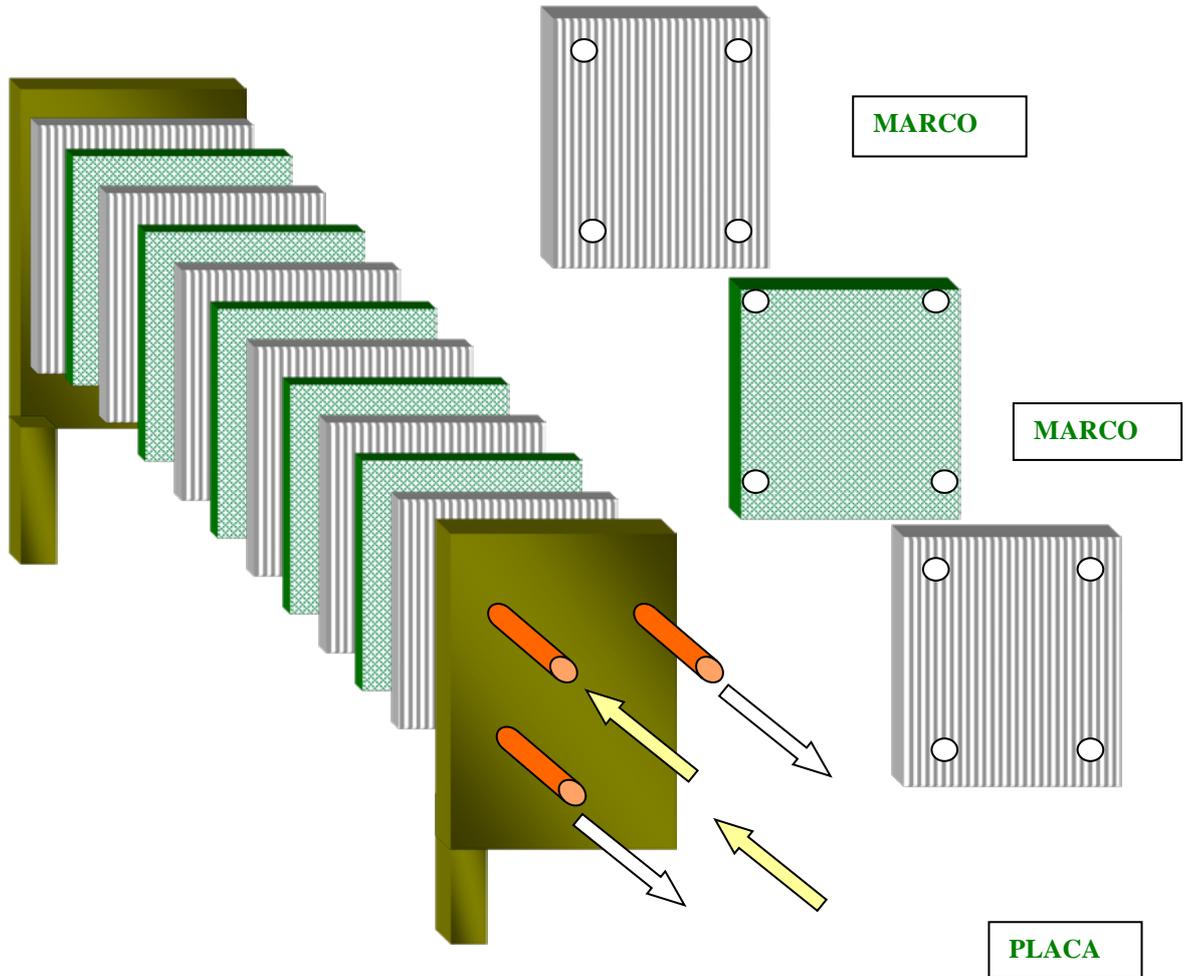


Fuente: Área de Planta - Aurex

La solución rica es transferida a la torre de vacío en la que se tiene vacío de 15" de Hg. Se dispone de bomba de vacío stand-by para asegurar la continuidad de las operaciones. La solución des-aireada es transferida al sistema de alimentación de polvo de zinc. La dosificación de polvo de zinc es equivalente a 200 gramos por m³ de solución rica y ajustada permanentemente para mantener la precipitación de Cu al mínimo posible; con lo cual, se reducen las pérdidas de Ag y Au en escorias que se producen en la etapa de Fundición.

El producto precipitado se alimenta al filtro prensa también provista de pre-recubrimiento de diatomita. Para mantener una operación continua se dispone de un filtro idéntico de stand-by, cada filtro es descargado diariamente.

Figura 4: Filtro prensa y su conformación



Fuente: Área de Planta - Aurex

Para remover la humedad del precipitado se utiliza aire comprimido suministrado por un compresor de 75 CFM a 50 PSI en el filtro prensa

1.4.6 Fundición de cementos de plata y oro

El precipitado con contenidos de Ag y Au es pesado en húmedo y se determina la humedad para calcular el peso seco,

que luego es transferido a la retorta de secado, para obtener un precipitado con +/- 2% de humedad.

El precipitado de plata y oro seco es transferido, previo pesaje y determinación del balance correspondiente, al horno de fundición mezclado con fundentes, constituido por 80% de bórax y cantidades menores de sílice, carbonato de sodio, dióxido de Manganeso, nitrato de Potasio, para mantener reducido el Cu y evitar su perdidas en escorias por acarrear mayor cantidad de valores al incrementar su viscosidad.

El horno de fundición es del tipo crisol con una capacidad de 660 Kg y el producto fundido es descargado en lingoteras de 30 Kg de capacidad.

Se ha tenido especial cuidado en el diseño del sistema de recuperación de gases para evitar pérdidas de metales contaminantes utilizando un Lavador-precipitador de gases que tiene una capacidad para tratar 2,360 l/s a 260° C.

El sistema incluye un soplador con idéntica capacidad a la del lavador de gases. Las soluciones recuperadas son recirculadas al circuito de lixiviación como parte del agua de lavado.

1.5 TRANSPORTE Y COMERCIALIZACIÓN

El producto final de fundición es el bullión, con contenido de oro y plata en diferentes proporciones. Los bulliones obtenidos en la fundición son transportados a Lima, generalmente 2 veces al mes y se realiza un control de pesos como de valores tanto en la Planta como en Lima.

El encargado de refinación de los bulliones y de la comercialización de los mismos es Procesadora Sudamericana en sus dos entidades:

Procesadora Sudamericana (Refinación).

Sudamericana Trading (Comercialización).

Las ventas de Plata son internas mientras que las de oro son exportaciones.

CAPÍTULO II: RELAVERA 2007

2.1 SUSTENTO

Estando vigente el Certificado Ambiental de AUREX S. A., y en su plenitud el proceso productivo de la Planta Andes, se advirtió que su actual depósito de relaves (Relavera 2000) estaba en un 60% colmatada, la misma que terminaría su vida útil antes de finalizar el año 2009.

El hecho expuesto, fue suficiente justificación técnica para crear la necesidad de **construir un nuevo depósitos de relaves**; por este motivo y previniendo acciones, AUREX S. A., vio conveniente hacer realidad el proyecto de construcción al **lado Este de la Planta de Beneficio Andes**.

Por el argumento anterior, AUREX S. A., ha contrató los servicios de la Empresa Consultora COMPUMET EIRL, quien realizó el diseño y modificaciones necesarios para un desempeño técnico y ambientalmente aceptado; a la vez que, desarrolló un programa de

construcción del nuevo depósito de relaves, al que se le denominó **“RELAVERA 2007”**.

El proyecto consiste en mantener el volumen de producción de la Planta en el tratamiento de minerales que han sido acumuladas en operaciones mineras de la época colonial, y que actualmente constituyen pasivos ambientales que afectan el entorno ecológico de la ciudad y su tratamiento representa PARTE DE LA REMEDIACIÓN.

Compañía Minera Aurífera AUREX S.A., tiene como objetivo contribuir en la eliminación de pasivos ambientales (relaves argentíferos existentes en las canchas antiguas). Este pasivo se CONTINUARÁ ELIMINANDO con el tratamiento en actual ejecución en la Planta Andes.

La operación proyectada de la RELAVERA 2007, podría generar los efectos siguientes:

- a) **Efectos por el uso de cianuro en el tratamiento del relave;** para tratar una tonelada de mineral se requiere 4.0 Kg de cianuro; en una producción diaria es de 250 t, el consumo total de cianuro es de 1000 Kg.

- b) **Modificación temporal del perfil topográfico;** en el área del proyecto, el perfil topográfico sufrirá una ligera alteración temporal, por efecto de la construcción del dique y durante el almacenamiento de relave. El diseño de la cancha de relaves

contempló la construcción de un dique perimetral, de sección trapezoidal de 10 m de altura final, a la cota de 4,206 msnm.

- c) Generación de polvo, ruido, gases;** habrá levantamiento de polvo en la construcción del dique, por efecto del movimiento del material de préstamo, el cual será mitigado con un regado programado en época de verano.

Se producirá ruido por movimientos de equipos y maquinaria en la construcción del dique perimetral y en vista que es generado por vehículos (en forma temporal), la protección para evitar daños auditivos es el uso de tapones ergonómicos de oído.

La producción de gases expulsados a la atmósfera estará determinada por el funcionamiento de los equipos de combustión interna, para lo cual, el personal usará respiradores de gas.

2.2 CARACTERÍSTICAS

Para la construcción de la RELAVERA 2007, se planeaba realizar trabajos de desviación del río Quiulacocha mediante un canal situado en la margen izquierda del cauce del río para alejarlo de la zona del depósito de relaves y entregado aguas abajo del proyecto; para ello se trabajará en la excavación y remoción del material extraído de la obra.

Inmediatamente se procederá con los trabajos de construcción del nuevo depósito de relaves el cual comprende la construcción de un dique conformado por tres arcos circulares (generados en la unión de las tangentes ocurridas al borde de exterior del dique de la Relavera 2007), de 620 m de longitud, 10 m de altura entre las Cotas 4 192 – 4 197 msnm.

La cancha de relave tendrá aproximadamente 620,00 m de largo; y la sección transversal del dique, tendrá una forma trapezoidal cuya base mayor será de 30 m y su base menor de 4 m al cierre de obra; así mismo, tendrá un promedio de 10 m de altura, con una pendiente de talud exterior de 2:1 hacia el nuevo canal y 1:1 hacia el interior del depósito, es decir hacia el vaso de la relavera; alcanzando una superficie de 170 m² de área en el corte transversal.

La vida útil del depósito será de 6 años, luego de haber considerado un Factor de Seguridad de 1,3.

Para la operación de los trabajos será necesaria la utilización de maquinaria pesada, como retroexcavadora, cargador frontal, tractor oruga, volquetes de 30 TM, para la ejecución de las excavaciones y movimiento de tierras y rodillo de ruedas lisas, para el trabajo de compactación.

El cronograma de construcción del proyecto es de (6) seis meses, y el costo directo aproximado de US \$2.322 649,30; los mismos que podemos verlos con mayores detalles, en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 2: Cronograma de Obra inmediata

N°	ACTIVIDAD	2009									
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
1	Trazado, control topográfico y geotécnico en obra	■	■	■	■	■	■				
2	Excavación de arcilla compacta, canal, filtro de fondo y cuneta	■									
3	Muros de pirca seca, represamiento y canal		■	■	■						
4	Muro de contención			■	■	■					
5	Enchape de caras interiores de muros y canaleta		■	■	■						
6	Filtro de fondo			■	■	■					
7	Filtro de pie			■	■	■					
8	Relleno compactado - Primera etapa				■	■	■				
9	Relleno compactado - Segunda etapa					■	■	■			
10	Dren principal						■	■			
11	Alcantarilla según diseño			■	■	■					
12	Instalación de tubería de 8" en filtro de dique			■	■	■					
13	Instalación de la Geomenbrana					■	■	■			
14	Instalación de tubería de 6" con quenas de 4" dren principal					■	■	■			

Fuente: Área de Planeamiento

Cuadro N° 3: Cuadro estimativo de costos iniciales

	CONCEPTO	Uni	Cant.	P U	MONTO S/.
1	Trazado, control topográfico y geotécnico		Est.		30 000.00
2	Excavación en arcilla compacta, canal, filtro de fondo y cuneta	m ³	13.0	10.0	130.00
3	Muros de pirca seca, represamiento y canal	m ³	1.5	35.0	52.50
4	Muro de Contención	m ³	200.0	60.0	12,000.00
5	Enchape de caras interiores de muros y canaleta	m ²	900.0	24.0	21,600.00
6	Filtro de Fondo	m ³	7800.0	20.0	156,000.00
7	Filtro de Pie	m ³	1940.0	30.0	58,200.00
8	Relleno compactado - Primera Etapa - Dique	m ³	13000.0	25.0	325,000.00
9	Relleno compactado - Segunda Etapa - Dique	m ³	110000.0	40.0	4,400,000.00
10	Dren principal	m ³	6000.0	20.0	120,000.00
11	Alcantarilla según diseño	m	50.0	180.0	9,000.00
12	Tubería de 8" PVC en filtro de Dique	m	520.0	160.0	83,200.00
13	Tubería de 6" con quenas de 4" PVC Dren Principal	m	600.0	100.0	60,000.00
14	Geomenbrana HDPE alta densidad	m	60000.0	11.7	700,800.00
			SUB TOTAL		5,945,982.50
	Administración, gastos generales y otros 15%				891,897.37
	Dirección técnica y supervisión 10%				594,598.25
			TOTAL GENERAL		7,432,478.12
EXPRESADO EN US \$ 2.322 649,30					

Fuente: Área de Planeamiento

a) Sistemas de drenaje del dique:

La RELAVERA 2007 se construirá en un área de 4Ha. La preparación del suelo involucra limpieza, desbroce y movimiento de tierras en el terreno de cimentación.

El cuerpo de presa estará conformado por materiales impermeables, colocándose en la base un filtro dren dentro de la presa, para ayudar a controlar el nivel freático dentro de la misma.

El filtro con tubería de drenaje que corre longitudinalmente bajo el dique, tendrá una sección transversal de 15,00 m².

El filtro dren ubicado debajo de la relavera y el filtro de pie de dique estará conformado con grava arenosa con una granulometría gradual entre 5" y arena gruesa.

El primer paso a seguir para la construcción del dique es hacer la excavación del cajón del FILTRO DREN de fondo de 1.50 m de profundidad y 10.0 m de ancho, el cual se ejecutará siguiendo los niveles del terreno natural.

Una vez terminada la excavación y perfilado de los bordes, se procederá al llenado del cajón con "grava arenosa" ubicando la tubería de 8" según lo especificado en los planos (15,00 cm sobre el fondo), se debe tener en cuenta que desde el punto determinado por la estaca 16 hasta la estaca 52 fluirán hacia el extremo oeste y de la estaca 16

hacia la estaca 4 fluirán hacia el noreste. Ambos extremos desembocarán en el dren principal el cual se ubicará sobre el cauce actual del río Quiulacochoa.

El dren principal de fondo de la relavera se ubicará aprovechando el cauce actual del río Quiulacochoa, cuya sección transversal tiene un promedio de 12.00 m² aprovechables.

Se extenderá desde el extremo este de contacto con el dique proyectado, hasta cruzar, por debajo del mismo, en el extremo oeste, aguas abajo, en una longitud de 480,00 m.

2.3 DETALLES DE INGENIERÍA DEL PROYECTO

a. Sección transversal del depósito

La Relavera 2007 estará delimitada por un dique perimetral construido con material de préstamo, proveniente de la excavación del canal de derivación, volumen sumado que alcanza aproximadamente 13,000 m³; lo que nos permite alcanzar una altura promedio de 3,00 m (primera etapa de la construcción).

La segunda etapa hasta alcanzar la cota 4,207 msnm que es el nivel superior proyectado se requerirá material transportado de cantera, incluyendo rocas para estabilizar dichas rampas.

b. Vista de elevación de la cresta de la presa y sistemas de drenajes

La altura de la cresta de la presa está en función del relieve del terreno, las condiciones geotécnicas del cuerpo de presa y suelo y del volumen a priori de almacenaje. El ancho de la cresta (ancho de corona), está en función del ángulo del talud y de los métodos constructivos.

Para la Relavera 2007 la elevación de la cresta será de 10.00 m y el ancho de la corona será de 4,00 m.

En cuanto al ancho mínimo de la corona debe ser igual con el que se obtenga una pendiente segura de drenaje a través del terraplén para poder bajar la carga hidráulica producto de las precipitaciones pluviales.

En el depósito confluyen sistemas de drenaje, dren principal, filtro dren de fondo, filtro de pie.

c. Capacidad máxima de almacenamiento

La Planta de Beneficio ANDES, tiene una capacidad instalada para procesar 250 t/día; el relave producto del procesamiento de beneficio de estos relaves es aproximadamente del orden de 156,25 m³/día.

La capacidad máxima de almacenamiento proyectado para la “Relavera 2007”, es de aproximadamente 380,000 m³ de relaves, por lo tanto la vida útil de la relavera será de 6 años; luego de castigar un FS = 1,3.

d. Talud

Por un tema de estabilidad y brindar una estabilidad adecuada se ha determinado un talud de 2:1 hacia el canal y 1:1 hacia el vaso de la relavera.

e. Forma de protección contra la erosión hídrica, eólica, pluvial y acción sísmica

La información geotécnica indica que el depósito de relaves y el cuerpo de presa se encuentran sobre suelos consistentes. En el área no hay erosión hídrica, eólica y pluvial.

Para la protección de la acción sísmica se aplica un criterio mundial, el método constructivo más seguro en zonas altamente sísmicas es el de “Aguas abajo”. Este método amortigua en cierta forma el riesgo potencial de licuación.

Además, se deben tomar en cuenta factores fundamentales como los siguientes:

- ✓ Existencia de drenes basales en el dique perimetral

✓ La geometría del dique.

f. Dimensiones y ubicación de los materiales permeables, semipermeables e impermeables utilizados en el depósito

La Relavera 2007 será construida en un área de 4.00 hectáreas. La preparación del suelo involucra limpieza, desbroce y movimiento de tierras en el terreno de cimentación de la presa.

En lo que respecta al área que comprende 4 Ha = 40,000 m², ésta corresponde al lugar donde se construirá el dique perimetral; los trabajos consistirán en limpieza, desbroce y remoción del suelo superficial con excavación del material no adecuado que va de 0.00 m a 0.30 m. El material extraído será reutilizado en la construcción del dique de protección de la Relavera.

En gran proporción el cuerpo del dique estará conformado por materiales impermeables, colocándose en la base un filtro dren dentro del cuerpo del dique.

Se proyecta recircular a la Planta de Beneficio el agua drenada desde una zona de bombeo ubicado en el interior de la Relavera 2007, luego de la decantación y sedimentación de sólidos.

Las aguas de esorrentía y las aguas de rebose de la relavera por efecto de las lluvias que pudiera suceder eventualmente, serán captadas mediante canales de esorrentía y evacuadas a la poza

de tratamiento de aguas residuales, antes de su vertimiento al medio natural.

Esta poza de tratamiento consistirá de dos partes: sedimentación y decantación, controlando el pH para el tratamiento correspondiente.

g. Sistema de drenaje

Se ha considerado la construcción de drenes basales, lo suficientemente potentes y extensos en la base del dique perimetral, consistentes de gravas y arenas, con tubo de drenaje, con la finalidad de controlar la carga hidráulica del dique.

A lo largo de todo el dique perimetral se ha diseñado la construcción de un filtro dren en el eje del dique y otro filtro al pie del talud del paramento exterior, para drenar el agua de las precipitaciones pluviales durante los periodos de lluvia.

h. Curva de capacidad del depósito

La curva de capacidad del depósito de la Relavera 2007 es el resultado de la interpolación de la altura de presa y el volumen a almacenarse con relave; en consecuencia, si el volumen va en aumento la altura también aumenta.

Los resultados después de los cálculos nos indican una altura de 10 m. para un área de 40,000 m², lo que permitirá almacenar alrededor de 400,000 m³ de relaves en la Relavera 2007; que restando el factor de seguridad de 5% nos daría un volumen de 380,000 m³, que sería el realmente el volumen del vaso.

2.4 DESVÍO DEL RÍO QUIULACOCHA

El objetivo es desvío del río Quiulacocha para la ampliación del depósito de relaves, es el de generar el área adecuada donde se encontrará ubicada la Relavera 2007.

Conlleva la construcción de 740.75 m de cauce de río, de sección trapezoidal, para derivar las aguas del río Quiulacocha por la margen izquierda del cauce actual.

2.4.1 Sustento

La Compañía Minera Aurex S.A., dedicada a la actividad minera, como parte de la construcción de su nuevo depósito de relaves proyectó la desviación en un tramo del río Quiulacocha; este riachuelo es producto de las aguas provenientes del depósito de relaves Quiulacocha y otros afluentes entre los que se encuentran las aguas servidas.

El río Quiulacocha, tiene una pendiente moderada, aproximadamente de 1 %, en el tramo a desviarse, tiene un

recorrido corto de 3.0 Km teniendo como punto de origen la desembocadura del depósito de relaves Quiulacocha y desemboca en el río San Juan.

El desvío del río Quiulacocha se realizará en un tramo de 748.75 m, en forma paralela al cauce principal, para lo cual se determinó el caudal de diseño para máximas avenidas con un periodo de retorno de 50 años, con el cual se pretende prevenir desbordes, producto de tormentas de gran intensidad, los datos meteorológicos fueron tomados de la estación “Cátodo”, propiedad de Volcán Compañía Minera.

2.4.2 Características

a) Precipitación media mensual

En el área de estudio se contó con la estación “cátodo”, esta estación posee un registro de precipitaciones diarias, del cual se determinó la precipitación media mensual y anual, se desprende que la precipitación media anual alcanza el valor de 818 mm y la media mensual es de 90 mm.

b) Precipitación diaria (24 horas)

Se cuenta con registros de precipitaciones de 24 horas de la estación “Cátodo” de un periodo extendido de 1969 a 2008, con un registro de 20 años, en la cual se encontró el máximo

valor alcanzado en 1977 de 40.5 mm en 24 horas, luego en el año 1982 alcanzó 45.6 mm en 24 horas.

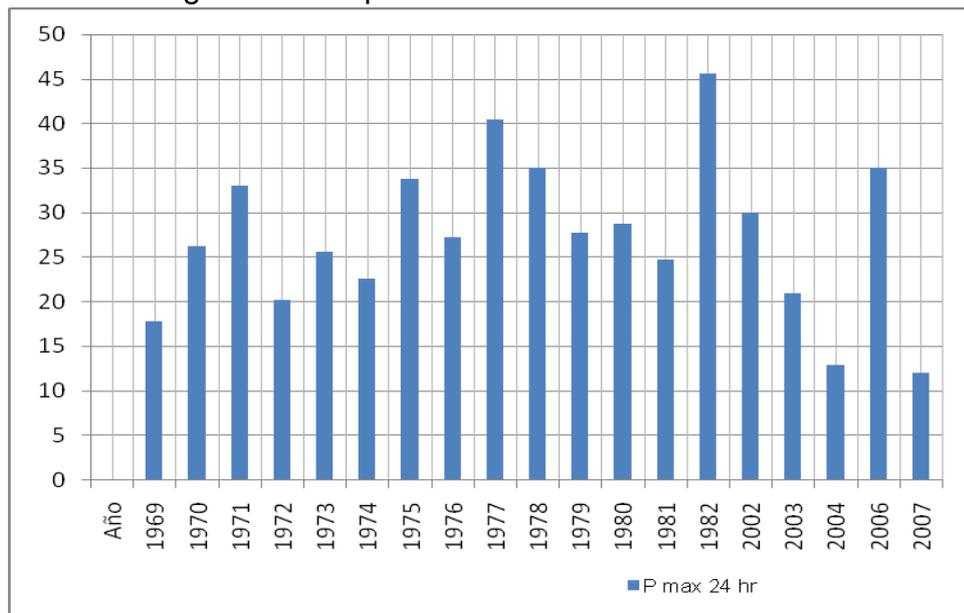
El en el cuadro siguiente se presenta el resumen de la precipitación máxima de 24 horas.

Cuadro N° 4: Precipitación máxima de 24 horas

Año	P máx. 24 hr (mm)	Año	P máx. 24 hr (mm)
1969	17.8	1979	27.8
1970	26.2	1980	28.8
1971	33.1	1981	24.8
1972	20.2	1982	45.6
1973	25.6	2002	30.0
1974	22.6	2003	21.0
1975	33.8	2004	13.0
1976	27.2	2006	35.0
1977	40.5	2007	12.0
1978	35.0	2008	32.0

Fuente: Área de Medio ambiente

Figura 5: Precipitación máxima de 24 horas



Fuente: Área de Medio ambiente

c) Longitud cauce principal L

El río Quiulacocha tiene origen en los desagües del depósito de relaves Quiulacocha y Ocroyocc, la longitud del cauce se estima en 3.0 km. En la actualidad el cauce del río, desde la cancha de relaves aguas arriba, ha sido totalmente distorsionado por la actividad minera y el crecimiento de la población urbana; el río Quiulacocha desemboca en el río San Juan y/o Río Colorado.

Figura 6: Cauce anterior del Río Quiulacocha

Fuente: Área de Medio Ambiente – Aurex



d) Forma de la cuenca Rf

Es igual a el área de la cuenca entre la longitud en línea recta más larga del río, esta última es igual 3.0 Km.

Entonces:

$$R_f = 2.1 \text{ Km}^2 / 3.0 \text{ Km} = 0.7$$

Aforos

Se tiene los datos de aforos periódicos realizados en la zona del proyecto, estos aforos fueron realizados en dos años consecutivos (2007 y 2008).

Para el aforo se ha escogido un tramo recto de longitud 5.0 m, con flujo uniforme, es decir el aforo se ha realizado en un sector del río tipo canal en tierra, cuyo factor de corrección f de velocidades sería entre 0.50 a 0.70, (Absalón Vázquez Villanueva: Manejo de Cuencas Altoandinas), utilizado el método del flotador, en promedio $f=0.60$.

Siendo los siguientes resultados:

Aforo-2007

Fecha: 31 de agosto del 2007

Hora: 3.00 pm

Datos

B	Tira	Área Promedio
1.	0.73	1.010 m ²
1.	0.76	0.988 m ²
		1.00 m²

Velocidad Promedio Vp

Longitud recorrido L = 5.0 m

Tiempo promedio T = 3.10 s

Velocidad superficial $V = 5.0\text{m}/3.10\text{ s} = 1.613\text{ m/s}$.

Velocidad promedio. $V_p = 0.60 \times 1.613\text{ m/s} = 0.967\text{ m/s}$.

Caudal Q

$$Q = V_p \times A_p$$

$$Q = 0.967\text{ m/s} \times 1.00\text{ m}^2$$

$$Q = 0.967\text{ m}^3/\text{s}.$$

Aforo 2007 - 02

Fecha: 13 de Setiembre del 2007

Hora: 13.00 pm

Datos

B	Tira	Área
2.	0.24	0.53
2.	0.23	0.52
		0.53

Velocidad promedio V_p Longitud recorrido $L = 10.0$ mTiempo promedio $T = 5.00$ sVelocidad superficial $V = 10.0$ m/5.00 s = 2.00 m/sVelocidad promedio. $V_p = 0.60 \times 2.00$ m/s = 1.20 m/s.**Caudal Q**

$$Q = V_p \times A_p$$

$$Q = 1.20 \text{ m/s} \times 0.531 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.637 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Aforo- 2008

Fecha: 25 de octubre del 2008

Hora: 2.00 pm

Datos

B	Tira	Área
1.	0.75	0.93
1.	0.79	1.05
		0.99

Velocidad promedio Vp

Longitud recorrido $L = 5.0 \text{ m}$

Tiempo promedio $T = 3.02 \text{ s}$

Velocidad superficial $V = 5.0\text{m}/3.02 \text{ s} = 1.65 \text{ m/s}$

Velocidad promedio $V_p = 0.60 \times 1.65 \text{ m/s} = 0.99 \text{ m/s.}$

Caudal Q

$$Q = V_p \times A_p$$

$$Q = 0.99 \text{ m/s} \times 0.99 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{Q = 0.98 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

De acuerdo a los aforos realizados en la zona de estudio, el caudal que pasa por la zona donde se pretende realizar el

desvío del río es del orden de 0.86 m/s.

Aforo- 2009

Fecha: 25 de Julio del 2009

Hora: 10 a.m.

Datos

B	Tira	Área
1.	0.25	0.38
1.	0.20	0.29
		0.67

Velocidad promedio Vp

Longitud recorrido $L = 5.0$ m

Tiempo promedio $T = 4.2$ s

Velocidad superficial $V = 5.0 \text{ m} / 4.2 \text{ s} = 1.19 \text{ m/s}$

Velocidad promedio. $V_p = 0.60 \times 1.19 \text{ m/s} = 0.71 \text{ m/s}$.

Caudal Q

$$Q = V_p \times A_p$$

$$Q = 0.71 \text{ m/s.} \times 0.67 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{Q = 0.79 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

2.4.3 Detalles de Ingeniería del desvío

De acuerdo a los estudios hidrológicos existentes, el **caudal máximo** del Riachuelo Quiulacocha, llega solamente a un orden de **1.00 m³/ s.**; lo que nos permite diseñar una sección mínima.

Si seguimos las características del tramo aledaño a la Planta, que constituye una anterior desviación, establecemos las dimensiones siguientes para la sección tipo.

Ancho del Fondo	=	2.00 m
Profundidad	=	2.00 m
Taludes laterales	=	1:1

Lo que determina un área de 8.00 m² para esta SECCION TIPO. Consideremos una escorrentía normal de 1.00 m de peralte; es decir: "A medio canal" y calculemos el caudal, aplicando la conocida

Fórmula de Manning.

$$Q = \frac{A \times S^{1/2} \times R^{2/3}}{K}$$

Tenemos:

A = Área de Cálculo	=	3.00 m
P = Perímetro mojado	=	4.82

$$\begin{aligned}
 R = \text{Radio medio hidráulico} &= 4.82/3 = 1.6 \\
 S = \text{Pendiente mínima} &= 0.009 \\
 K = \text{Coeficiente de Kuter} &= 0.12 \text{ (rugosidad} \\
 &\quad \text{Tierra compacta)} \\
 Q = 3.00 \times \frac{1.37 \times 0.009}{0.12} &= 3,25 \text{ m}^3/\text{s.}
 \end{aligned}$$

Q = 3,25 m³/s

Lo que nos da un margen de seguridad bastante generoso con la sección adoptada, aun considerando que en una situación extrema, no sólo debe abastecerse con la máxima avenida sino también que deberá evacuar las aguas provenientes del talud expuesto del Dique de la relavera, que fluirán a través del filtro, cuneta de pie y alcantarillas de desfogue que se están proyectando.

a) Replanteo del Canal Proyectado en el Terreno

Para estacar en el terreno, el eje del canal proyectado, se iniciará el replanteo, en un punto convencionalmente elegido en la parte más llana, para facilitar el trabajo. Con este criterio, se ha escogido la ESTACA 16 es decir: a 160 m del punto inicial de captación. El punto 16 tiene las siguientes coordenadas UTM:

$$N = 8'816,709.30$$

$$E = 57,529.00$$

Para materializar su ubicación exacta, en el terreno, se tomarán como apoyo, los puntos P-1 y P-2 muy cercanos, que son puntos conocidos y materializados en el lugar (in situ).

Con estación en la estaca 16, se encontrara la tangente que constituye el eje del canal, poniendo los CEROS en el rumbo de:
AZIMUT UTM = $208^{\circ} 51'$

Desde este punto se procederá el estacado, hacia adelante, hasta el punto: $74 + 8.75$, que es el punto de re-encuentro con el lecho original del Río. Luego, saliendo del mismo punto (Estaca N° 16) se estacará en forma descendente, o sea tomando el rumbo de: AZIMUT UTM = $28^{\circ} 51'$ hasta llegar al punto 00, que es el punto de captación o bocatoma del canal. Para realizar el trazado se hará en sujeción a los elementos técnicos de tangentes y curvaturas, especificados en el Plano (**Anexo 03**).

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta sección se tratará de esclarecer las particularidades de la empresa y el ambiente a su alrededor que, de una manera u otra, afectaron las decisiones gerenciales respecto al proyecto (ejecución y planteamiento).

Además, se expondrán los puntos especiales que se tuvieron en cuenta para las variaciones que se efectuaron con relación al proyecto original tanto en diseño, costos, cronogramas, secuencia de ejecución y otras variaciones que se detallarán más adelante en el capítulo IV del presente informe.

3.1 ESCENARIO DE LA COMPAÑÍA

Consiste en el análisis general en diversos escenarios que se presentaron antes de iniciarse la ejecución del proyecto, entre los cuales tenemos:

3.1.1 Aspectos operativos

Además del problema principal que era la colmatación de los depósitos de relaves actuales se presentaron otros factores que influyeron en la ejecución de la construcción de la Relavera 2007.

3.1.1.1 Proceso Metalúrgico

Como se ha mencionado en el Capítulo I la planta de Beneficio Andes, unidad operativa de Aurex S.A., tenía una capacidad de tratamiento de 180 TMS/día, sin embargo, desde hace unos años se venía evaluando la posibilidad de incrementar la capacidad de tratamiento a 240 TMS/día.

Este incremento a la fecha se ha llevado a cabo mediante un proyecto que conllevó las siguientes mejoras:

- Instalación de 2 zarandas vibratorias.
- Instalación de 2 tanques acondicionadores de 14'x14'.
- Instalación de un trommel lavador adicional.

Los efectos de esta modificación planeada desde el 2006, influiría de manera significativa en el tiempo de vida de los futuros depósitos de relaves que se pudiesen construir ya que el incremento del tonelaje conllevaba a un incremento de un 33% en la cantidad diaria de material depositado en los depósitos.

3.1.1.2 Reservas

El área de geología, presenta las reservas potenciales de relaves a ser extraídos de las comunidades aledañas a la planta Andes.

Este es otro factor que se debía tener en cuenta debido a que se presentaba una variación de las reservas con relación a los años anteriores y futuros debido a que, como remediadores de pasivos coloniales las reservas en muchos casos estaban condicionados a factores climáticos o sociales; pero también esto significaba que se tenía un potencial mayor al cuadro de reservas que manejaba el área de geología.

En el siguiente cuadro se presenta la relación de los depósitos considerados para setiembre del 2009 en las reservas de relaves para la empresa:

Cuadro N° 5: Reservas de relaves a setiembre del 2009

AUREX																
Reservas de Relaves al 30/09/2009																
1. RESERVAS ACCESIBLES																
COMUNIDAD	SECTOR	Ag gr/tm	Ag,Oz/Tc	Au,gr/tm	Ag,Oz/tm	TMS	costo operac	depr. Equipo	Const. relavera	costo total	% R Ag	%R Au	Util x tm	Observaciones	Condición	
Colquijirca	Colquijirca	318.75	9.30	1.55	10.25	1,000	40	0.2	2.1	42.3	48.00	65.00	69.00	Con aprobación	Falta muestreo	
Colquijirca	Santa Rosa	270.00	7.88	0.90	8.68	1,200	40	0.2	2.1	42.3	48.00	65.00	43.42	Con aprobación	Falta muestreo	
Cochamarca	Cochamarca	230.25	6.72	0.87	7.40	70,000	53	0.2	2.1	55.3	52.00	71.00	26.36	Aprobado	Con convenio	
Villa Pasco	Ingenio Unificado	260.51	7.60	0.89	8.38	1,200	45	0.2	2.1	47.3	45.00	75.00	34.75	Aprobado	Con convenio	
Stock	Cementerio	217.00	7.01	0.45	7.72	6,802	37	0.2	2.1	39.3	40.00	65.00	19.74	Stock Pile	Disponible	
						80,202										
2. RESERVAS CON BUENAS PERSPECTIVAS																
COMUNIDAD	SECTOR	Ag gr/tm	Ag,Oz/Tc	Au,gr/tm	Ag,Oz/tm	TMS	costo operac	depr. Equipo	Const. relavera	costo total	% R Ag	%R Au	Util x tm	Observaciones	Condición	
Villa Pasco	San Cristobal	289.26	8.44	0.30	9.30	18,000	37	0.2	2.1	39.3	35.00	58.00	18.65	En consulta	Falta aprobación	
						18,000										
3. RESERVAS CONDICIONADO A CLIMA y Vº Bº REFORESTACION																
COMUNIDAD	SECTOR	Ag gr/tm	Ag,Oz/Tc	Au,gr/tm	Ag,Oz/tm	TMS	costo operac	depr. Equipo	Const. relavera	costo total	% R Ag	%R Au	Util x tm	Observaciones	Condición	
Quilacocha	Laguna	248.83	7.26	1.10	8.00	3,000	42	0.2	2.1	44.3	48.00	50.00	35.05	Con convenio	Por conversar	
Rancas	Paira	180.00	5.25	0.30	5.79	1,500	42	0.2	2.1	44.3	45.00	50.00	2.41	Con convenio	Con convenio	
Rancas	Tauro	217.72	6.35	0.80	7.00	10,000	42	0.2	2.1	44.3	48.00	60.00	25.09	Sin convenio	Sin Convenio	
						14,500										
4. RESERVAS EN NEGOCIACION																
COMUNIDAD	SECTOR	Ag gr/tm	Ag,Oz/Tc	Au,gr/tm	Ag,Oz/tm	TMS	costo operac	depr. Equipo	Const. relavera	costo total	% R Ag	%R Au	Util x tm	Observaciones	Condición	
Vicco	Ricran	255.67	7.46	0.50	8.22	80,602	45	0.2	2.1	47.3	42.00	58.00	17.52	Sin convenio	En conversaciones	
Vicco	Tumashis	414.92	12.10	1.76	13.34	90,000	45	0.2	2.1	47.3	42.00	58.00	75.43	Sin convenio	En conversaciones	
Vicco	Ingenio rio San Juan	342.14	9.98	1.00	11.00	21,297	45	0.2	2.1	47.3	38.00	58.00	38.48	Sin convenio	En conversaciones	
Vicco	San Gregorio	279.93	8.16	1.00	9.00	6,184	45	0.2	2.1	47.3	32.00	50.00	15.00	Sin convenio	En conversaciones	
Huaraucaca	Huaraucaca	279.93	8.16	1.00	9.00	56,000	46	0.2	2.1	48.3	47.00	60.00	38.92	Sin convenio	Espera de respuesta	
Vicco	Chaquiniuk	239.49	6.99	0.50	7.70	81,422	45	0.2	2.1	47.3	40.00	58.00	11.53	Sin convenio	Espera de respuesta	
						335,505										
						Total Reservas	448,207									
Notas:																
Utilid x tm = (Ley Ag oz/tm x % recuperación x precio Ag) + (Ley Au oz/tm x % recuperación x precio Au)-costo total)																
US\$ Ag Oz 16.1 US\$ Au Oz 991.0																

Fuente: Área de Geología - Aurex

3.1.1.3 Perspectivas futuras

Compañía Minera Aurex S.A. es una empresa en constante proceso de búsqueda de nuevos depósitos de relaves factiblemente explotables.

Además, y como se ha mencionado se había planeado una ampliación de la capacidad de tratamiento de nuestra planta de plata, al mismo tiempo.

A los puntos antes mencionados debemos añadir la continua búsqueda de una operación minera que permita tratar mineral fresco y a la vez garantizar una cantidad considerable de reservas.

3.1.2 Aspectos Económicos

Durante los años anteriores al 2009 los resultados operativos de la empresa no fueron satisfactorios y, por el contrario los resultados del balance general y los estados financieros mostraban valores que no era muy alentadores.

En este escenario económico la inversión propuesta para la ejecución del proyecto quedaba fuera de lugar por la falta de liquidez que tenía la empresa.

Esto cambió a partir del 2009, debido principalmente a 2 factores:

La mejora del proceso metalúrgico; producto de las pruebas de a nivel de laboratorio se empezó a incrementar los porcentajes de recuperación; a la vez también se analizaron los relaves de acuerdo a las características particulares de cada una de las zonas de extracción, esto conllevó a un incremento en la cantidad de finos obtenidos en el proceso.

Los precios favorables; que influyeron directamente en los ingresos de la empresa por las ventas de los finos.

Cuadro N° 6 : Balance General 2009 (S/.)

ACTIVO	2009	2008	2007	PASIVO	2009	2008	2007
ACTIVO CORRIENTE				PASIVO CORRIENTE			
Caja y Bancos	1,399,155	445,852	0	Sobregiro Bancario	0	0	65,465
Cuentas por Cobrar Comerciales	563,987	152,457	36,223	Anticipos Recibidos	0	50,341	0
Cuentas por Cobrar al Personal	5,489	1,831	0	Tributos por Pagar	58,038	53,380	83,861
Cuentas Por Cobrar Diversas	6,365	6,365	0	Remuneraciones por Pagar	129,226	115,815	119,798
Materias Primas y Auxiliares	520,143	167,397	117,237	Proveedores	796,524	423,433	654,736
Suministros Diversos	178,630	138,460	136,865	Cuentas por Pagar Diversas	53,614	67,939	569,261
Crédito fiscal de IGV	67,928	0	0	Beneficios Sociales de Trabajadores	26,069	16,508	0
Cargas Diferidas	465,311	339,954	266,851	Participación de los trabajadores	8,709	0	0
				Provisión cierre de mina	43,149	0	0
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	3,207,007	1,252,315	557,176	TOTAL PASIVO CORRIENTE	1,115,328	727,416	1,493,121
ACTIVO NO CORRIENTE				PASIVO NO CORRIENTE			
Cuentas por Cobrar a los Accionistas	805,753	875,224	835,606	Proveedores (Largo Plazo)	917,062	1,070,486	1,068,613
Inmueble Maquinaria y Equipo	15,053,937	14,102,281	14,054,949	Cuentas Por Pagar Diversas (Largo Plazo)	48,952	131,724	314,435
Depreciacion Acumulada	-13,905,694	-13,796,161	-13,416,754	Participación de los trabajadores diferido	278,192	0	0
Inmueble Maquinaria y Equipo, Revaluados	3,223,861	0	0	Beneficios Sociales de trabajadores	0	0	284,839
Depreciacion Acumulada de Activos Revaluados	-34,256	0	0	Inmpuesto a la renta diferido	959,763	0	0
Cierre de mina	2,336,283	0	0	Provisión cierre de mina	2,293,134	0	0
Intangibles	6,378	6,378	0				
Amortización de Intangibles	-850	0	0				
TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	7,485,412	1,187,722	1,473,801	TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	4,497,103	1,202,210	1,667,887
				PATRIMONIO			
				Capital Social	27,022,334	27,022,333	27,022,334
				Reservas	85,188	85,188	85,188
				Excedente por Revaluacion de Act. Fijos	2,239,448	0	0
				Resultados Acumulados	-26,593,278	-28,213,798	-28,689,677
				Resultado del Ejercicio	2,296,249	1,616,688	452,124
				TOTAL PATRIMONIO	5,049,941	510,411	-1,130,031
TOTAL ACTIVO	10,692,419	2,440,037	2,030,977	TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	10,662,372	2,440,037	2,030,977

Fuente: Área de contabilidad - Aurex

Cuadro N° 7: Estado de Ganancias y Pérdidas (S/.)

G y P (En nuevos soles)	2009			2008			2007	
	S/.	%		S/.	%		S/.	%
VENTAS	12,130,453	100%		9,529,158	100%		8,794,639	100%
COSTO DE VENTAS	7,907,649	65%		6,370,100	67%		6,214,154	71%
UTILIDAD BRUTA	4,222,804	35%		3,159,058	33%		2,580,485	29%
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1,498,387	12%		1,480,234	16%		1,313,842	15%
GASTOS DE VENTA	162,934	1%		126,842	1%		124,712	1%
UTILIDAD OPERATIVA	2,561,483	21%		1,551,981	16%		1,141,931	13%
GASTOS FINANCIEROS	360,476	3%		58,613	1%		194,009	2%
INGRESOS FINANCIEROS	171,432	1%		40,172	0%		120,230	1%
OTROS INGRESOS	45,085	0%		100,204	1%		46,663	1%
OTROS EGRESOS	82,520	1%		115,306	1%		662,692	8%
INGRESOS EXCEPCIONALES	-	0%		98,250	1%		-	0%
UTILIDAD ANTES DE IR	2,335,004	19%		1,616,688	17%		452,123	5%
PARTIC. DE LOS TRABAJADORES.	8,709	0%		-	0%		-	0%
IMPUESTO A LA RENTA	30,046	0%		-	0%		-	0%
UTILIDAD DEL EJERCICIO	2,296,249	19%		1,616,688	17%		452,123	5%

Fuente: Área de contabilidad - Aurex

3.1.3 Aspectos Sociales

El tema social es un aspecto importante en toda actividad que influya en una comunidad o población en torno a ella. En el caso particular de Aurex, debemos mencionar que el 95% de nuestra mano de obra no calificada pertenece a pobladores de la Comunidad Campesina de Yurajhuanca, precisamente vecinos de la Planta Andes.

Si bien es cierto, las relaciones entre empresa y comunidad siempre han sido de las mejores, también es verdad que la dependencia económica de la población con respecto al funcionamiento de la Planta es bastante considerable, la empresa brinda trabajo directo o indirecto a alrededor de cien comuneros de Yurajhuanca. A estas personas debemos mencionar el número de personal contratado para realizar los trabajos de deschampe, acondicionamiento del terreno y remediación en las zonas de extracción. Este personal principalmente estaba compuesto por madres de familia solteras, de ese modo se percibía una imagen favorable de la empresa entre los comuneros de las zonas de extracción.

Por ello, un factor que también influyó en el cronograma y tiempo de ejecución del proyecto fue el aspecto social. En nuestro caso, si realizábamos el proyecto completo, considerando como inicio de ejecución el mes de setiembre del 2009, hubiese implicado

parar las operaciones por unos meses, ya que no contaríamos con un depósito adecuado para nuestros relaves por un periodo de entre 3 y 5 meses.

3.1.4 Aspectos Globales

Este fue un factor favorable y alentador debido a que los precios de los metales en general (oro y plata en nuestro caso particular), se encontraban en franco ascenso, lo cual impulsaba la inversión de un nuevo depósito de relaves.

Además, las perspectivas a futuro respecto al tema de los precios auguraban un sostenimiento y crecimiento de los precios en los años venideros.

Para visualizar mejor este punto, los gráficos a continuación nos muestran las variaciones de los precios de oro y plata entre los años 2008 y 2011.

Cuadro N° 8: Venta de Plata y variación de precios (2008-2011)

	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08		RESUMEN 2008	TOTAL
Venta Ag (Kg)	467	486	347	606	462	287	449	461	467	567	419	509		Venta Ag (Kg)	5,527
Precio Ag (\$/Oz)	16	18	20	18	17	17	18	15	12	10	10	10		Precio Ag (\$/Oz)	15

	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09		RESUMEN 2009	TOTAL
Venta Ag (Kg)	481	586	434	524	355	741	364	412	353	597	400	375		Venta Ag (Kg)	5,622
Precio Ag (\$/Oz)	11	13	13	13	14	15	13	14	16	17	18	18		Precio Ag (\$/Oz)	15

	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10		RESUMEN 2010	TOTAL
Venta Ag (Kg)	732	478	550	695	601	422	809	419	830	612	620	670		Venta Ag (Kg)	7,437
Precio Ag (\$/Oz)	18	16	17	18	18	18	18	18	21	23	27	29		Precio Ag (\$/Oz)	20

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11		RESUMEN 2011	TOTAL
Venta Ag (Kg)	600	780	200	741	365	930	600	600	450	225	1,573	1,700		Venta Ag (Kg)	8,764
Precio Ag (\$/Oz)	28	31	36	42	37	36	38	40	38	32	33	30		Precio Ag (\$/Oz)	35

Fuente: Área de Contabilidad

Cuadro N° 9: Venta de Oro y variación de precios (2008-2011)

	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08		RESUMEN 2008	TOTAL
Venta Au (Oz)	62	56	53	77	151	59	88	83	58	64	47	68		Venta Au (Oz)	866
Precio Au (\$/Oz)	888	924	971	869	889	890	941	840	825	813	758	820		Precio Au (\$/Oz)	869
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09		RESUMEN 2009	TOTAL
Venta Au (Oz)	116	117	68	38	36	128	132	105	146	104	94	98		Venta Au (Oz)	1,184
Precio Au (\$/Oz)	859	943	924	890	929	946	934	949	997	1,043	1,127	1,135		Precio Au (\$/Oz)	973
	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10		RESUMEN 2010	TOTAL
Venta Au (Oz)	66	58	90	78	47	56	72	66	90	121	49	110		Venta Au (Oz)	903
Precio Au (\$/Oz)	1,118	1,095	1,113	1,149	1,205	1,233	1,193	1,216	1,271	1,342	1,370	1,391		Precio Au (\$/Oz)	1,225
	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11		RESUMEN 2011	TOTAL
Venta Au (Oz)	113	126	141	0	158	161	145	57	0	0	590	249		Venta Au (Oz)	1,740
Precio Au (\$/Oz)	1,356	1,373	1,424	1,474	1,510	1,529	1,573	1,776	1,772	1,665	1,739	1,652		Precio Au (\$/Oz)	1,570

Fuente: Área de Contabilidad

3.2 ANÁLISIS DE FACTORES

De los puntos mencionados en el presente capítulo podemos tener las siguientes deducción:

- La empresa necesitaba con urgencia la construcción de un nuevo depósito de relaves, ya que los depósitos que utilizaba tenían una vida útil hasta fines del año 2009.
- Se planeaba desde años atrás, aumentar la capacidad de tratamiento de la Planta de Beneficio Andes de 180 TMS/día a 240 TMS/día, lo cual influiría notablemente en el tiempo de vida de los nuevos depósitos.
- Debido a que Aurex se dedica al tratamiento de relaves coloniales, los mismos que se encuentran en depósitos fluviales, se tiene una variación importante en las reservas de la empresa.
- El 95% de la obra de mano no calificada de la empresa proviene de comuneros de Yurajhuanca, comunidad aledaña a la Planta, a ellos se suman las personas de las comunidades donde se encuentran los depósitos para trabajos de deschampe del terreno y remediación por ello una demora en la ejecución del proyecto y la consecuente para de la empresa traería consigo fricciones con las comunidades vecinas.
- En este marco, el incremento que se dio con relación a los años

anteriores (antes del 2009) y las expectativas con relación a la buena performance de los precios en los años futuros fue un factor positivo para la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

4.1 EVALUACIONES

4.1.1 Diseño e ingeniería

Luego de una evaluación teniendo en cuenta los puntos tocados en el apartado anterior, se decidió modificar el diseño original del proyecto para generar dos alternativas:

Realizar la construcción de la relavera en dos niveles; Esto conlleva el movimiento de tierras necesario para la conformación de los diques en las 4 Ha. que abarca el proyecto, con la salvedad de realizar la construcción hasta los 5 metros, lo cual aliviaría el tiempo del cronograma y reduciría los costos de la primera etapa a la mitad.

Realizar la construcción en dos etapas y dos niveles; Con lo cual se generaría una mayor reducción del tiempo de ejecución y en el costo de ejecución de estas; es decir, se reduciría la inversión inmediata.

4.1.2 Costos del proyecto

El tema económico en la empresa no era de los mejores al finalizar el año 2008, pero venía en franca recuperación a mediados del 2009.

El tema de los costos, influyó para inclinarse por la alternativa de la construcción del depósito en dos etapas y dos niveles (4 fases) debido a que cada fase en teoría permitía la continuidad de la operación por espacio de 18 meses en promedio.

Al mismo tiempo se propuso realizar la construcción con recursos propios de la empresa, mientras eso sea posible, y recursos externos en trabajos especiales como la instalación del recubrimiento del vaso del depósito con geomembrana.

Se planteó también que la supervisión estuviera a cargo del área de planeamiento de la empresa quien se encargaría de la ejecución del proyecto y las coordinaciones con las demás áreas. Con estos puntos se reduciría considerablemente los costos de la ejecución.

4.1.3 Tiempo y cronogramas

La premura por la construcción de un depósito para continuar las operaciones de la Planta Andes una vez finalizado el año 2009 fue factor importante para inclinarse por la alternativa antes

mencionada.

No olvidar que se debía realizar paralelamente el desvío del río Quiulacocha para permitir utilizar el área para el depósito, por ello este factor también fue fundamental para decidir la alternativa adecuada para realizar la ejecución.

4.2 ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Finalmente, se decidió realizar la construcción de la relavera 2007 en dos etapas y 2 niveles, lo cual permitía entre otras cosas:

- Asegurar la construcción dentro de los plazos establecidos para no tener una detención de la operación bajo ninguna circunstancia.
- Permitir realizar el desvío del Río Quiulacocha y una etapa del depósito con una evaluación de costos que permitiría reducir los mismos de manera que la carga financiera del proyecto para la empresa se vea aliviada.
- Permitir, con el ajuste del cronograma de trabajos, terminar las labores antes de la época de lluvias que perjudican el normal desarrollo de las actividades.

Los cambios que se realizaron se traducen en los siguientes puntos:

4.2.1 Consideraciones para el diseño del depósito de relaves

Se contemplaron las siguientes consideraciones:

- Ubicación del área de depósito de relaves.
- Caracterización geológica del área
- Condiciones sísmicas del área de proyecto
- Balance metalúrgico
- Características granulométricas del relave
- Satisfacer los criterios de estabilidad aceptados para la construcción de presas de relaves.
- Minimizar el riesgo de infiltración en el medio ambiente;
- Incorporar materiales disponibles localmente para la construcción cuyo costo sea económicamente ventajoso pero sin comprometer la seguridad y el medio ambiente; y satisfacer todos los requisitos reglamentarios en nuestro país.

Además se basó en el detalle del diseño inicial de la relavera 2007 para realizar las modificaciones y nuevos diseños.

4.2.2 Consideraciones para el cambio del costo inicial

Se consideran lineamientos particulares dentro de los cuales podemos mencionar:

- Se dispondrán de los equipos de compañía a tiempo total

como la excavadora y a tiempo parcial como es el caso de los cargadores.

- En los costos asociados a estos equipos se consideran los costos por combustible, operador y mantenimiento. Los montos de depreciación están contemplados en la cuenta del costo y no se cargan en el proyecto como un activo.
- Se consideran los alquileres de equipos como rodillo y motoniveladora.
- Se utilizarán volquetes de 14 m³ de capacidad con un factor de llenado del 90% y un costo por hora de S/. 80 (US\$ 27).
- En las partidas consideradas para el proyecto se ha determinado un factor para contingencias (alquileres, gastos no considerados, etc.) correspondiente al 15% del monto subtotal de la partida.
- Los trabajos relacionados con la impermeabilización del vaso de la relavera (instalación de la geomembrana) serán realizados por terceros.
- Los controles y supervisión serán realizados por el área de planeamiento, el mismo que tendrá la responsabilidad de coordinar con las demás áreas.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se planteó la variación con respecto a los costos asociados a la desviación del Río Quiulacocha:

4.2.2.1 Desviación de Río Quiulacocha

Se desarrollará en el margen izquierdo del río Quiulacocha, la misma que presentará una longitud de 748.75 m, se consideró un 5% de desmoronamiento y un 30% del factor de esponjamiento de bordes.

Volquete: 3 volquetes de 14 m³, el número de viajes por día será de 40, Excavadora: Se trabajara 8 horas por día y un cargador a 4 horas por día

Cuadro N° 10: Volúmenes para desviación del río

CUBICACION DE DIQUE DE DESVIO				
ORDEN	AREA 1	AREA 2	ALTURA	M3
1	0	6.19	6	19
2	6.19	12.91	5	48
3	12.91	21.09	5	85
4	21.09	25.29	5	116
5	25.29	22.62	5	120
6	22.62	11.62	5	86
7	11.62	0	5	29
				502
ENROCAD	0	104	1	104
				606
CUBICACION DE DIQUE DE ENTREGA				
ORDEN	AREA	ALTURA	M3	
1	28	4.5	126	
ENROCAD	45	1	45	
				171
	m2	ml	m3	
Vol.Diques			628	
Volumen Corte	7.66	740	5668	
Saldo de Volumen			5041	

Fuente: Área de planeamiento

Cuadro N° 11: Presupuesto – Canal de derivación

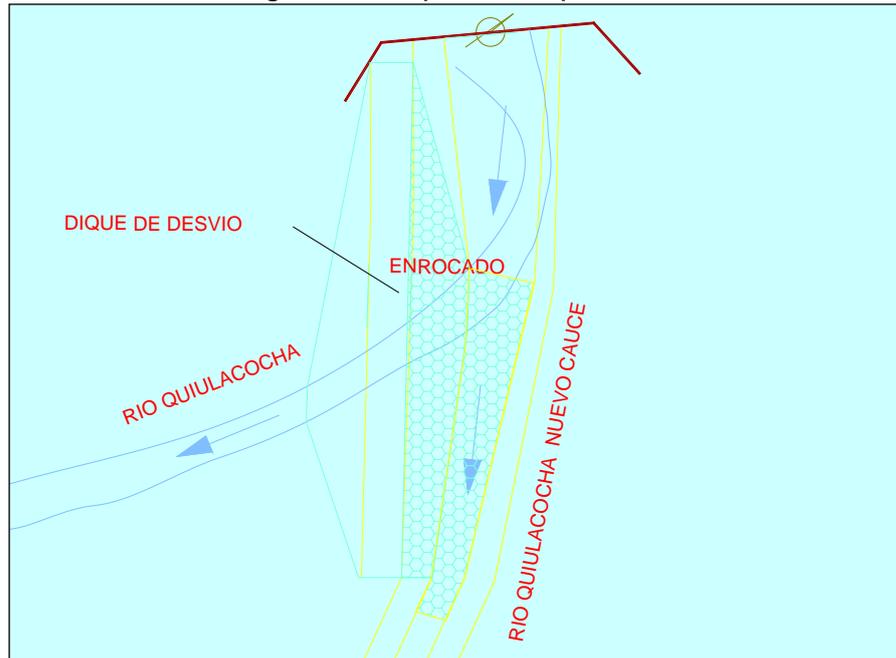
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	DIAS	P. UNIT	HWD	TOTAL
1	CANAL DE DERIVACIÓN						
	Excavadora	m3	7,086	15	\$40.00	120	\$4,800.00
	Cargador	m3	7,086	15	\$30.00	90	\$2,700.00
	Volquetes	m3	7,086	15	\$27.00	270	\$7,290.00
	Supervisión	gbl	1	15	\$250.00	0	\$250.00
						Sub Total	\$15,040.00
	Contingencia 15 %						\$2,256.00
						Total	\$17,296
DATOS							
	Volumen a mover		5,668 m3				1417.5 m3 adicionales
	Capacidad del volquete		14 m3				
	Factor de llenado		90 %				
	Capacidad real		12.6 m3				
	Tiempo de 3 volquetes x día		18 horas				
	# de viajes de volquete x día		40 vueltas				
	Tiempo de excavadora x día		8 horas				
	Tiempo de cargador x día		6 horas				
	Volumen transportado por día		504 m3				
	Tiempo total de acarreo		14.06 días	15 días			
Nota: Se consideran 1 guardia por día de 08 horas							

Fuente: Área de planeamiento

a) Dique de desvío del Río

Considera el dique a construir aguas arriba, estará constituido por material de préstamo proveniente de la excavación del canal de derivación y enrocado con piedras de entre 6" – 12" para evitar el socavamiento que podría producir la acción del agua del río.

Figura 7: Esquema Dique de desvío



Fuente: Área de planeamiento

Cuadro N° 12 : Presupuesto – Dique de desvío

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	DIAS	P. UNIT	HWD	TOTAL
2	DIQUES DE DESVIO						
	Excavadora	m3	502	3	\$40.00	24	\$960.00
	Piedra de 6" a 12"	m3	160	4	\$10.34	0	\$1,655.17
	Transporte de piedra a obra	m3	160	1	\$426.67	0	\$426.67
	Mano de obra temporal	Tarea	21	0	\$17.07	0	\$358.45
	Mano de obra compañía	Tarea	7	0	\$19.91	0	\$139.40
	Supervisión	gbl	1	0	\$150.00	0	\$150.00
						Sub Total	\$3,689.68
	Contingencia 15 %						\$553.45
						Total	\$4,243

DATOS

Volumen a trabajar	502 m3
Volumen de piedra necesaria	160 m3
Costo x tarea (trabajador provisional)	30 Soles
Costo x tarea (trabajador de compañía)	35 Soles
Costo de piedra x m3	30 Soles
Volumen de enrocado x día	30 m3
Tiempo de excavadora x día	8 horas
Tiempo de trabajo de excavadora	3 días
Tiempo total para enrocado	4 días

Nota: Se consideran 1 guardia por día de 08 horas

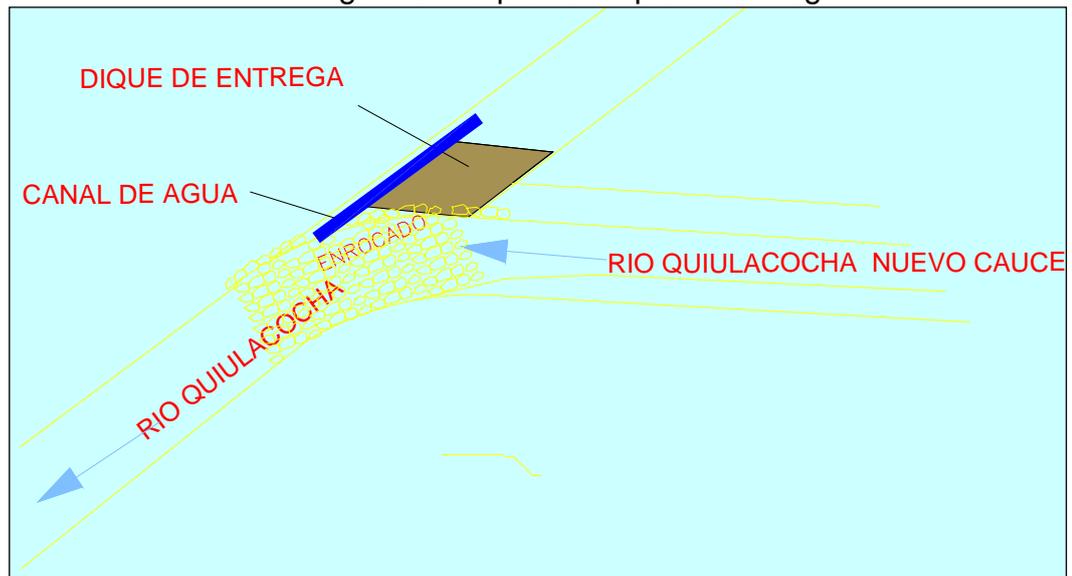
Fuente: Área de planeamiento

b) Dique de entrega del Río

Para el dique de entrega se considera 475.00 m³ de relleno y compactado, con un pequeño canal que servirá para captar las aguas provenientes de la filtración acumulados por una tubería de 8" ubicada como drenaje.

La conformación del dique evitará el desmoronamiento de la pared lateral, que ocurriría cuando el agua retorne a su antiguo cauce en dicho punto.

Figura 8: Esquema Dique de entrega



Fuente: Área de planeamiento

Cuadro N° 13: Presupuesto – Dique de entrega

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	DIAS	P. UNIT	HWD	TOTAL
3	DIQUE DE ENTREGA						
	Excavadora	m3	475	3	\$40.00	23	\$908.37
	Piedra de 6" a 12"	m3	75	4	\$10.34	0	\$775.86
	Transporte de piedra a obra	m3	75	1	\$200.00	0	\$200.00
	Mano de obra temporal	Tarea	12	7	\$19.91	0	\$238.97
	Mano de obra compañía	Tarea	4	7	\$17.07	0	\$68.28
	Supervisión	gbl	1	7	\$150.00	0	\$150.00
						Sub Total	\$2,341.47
	Contingencia 15 %						\$351.22
						Total	\$2,693
DATOS							
	Volumen a trabajar		475 m3				
	Volumen de piedra necesaria		75 m3				
	Costo x tarea (trabajador provisional)		30 Soles				
	Costo x tarea (trabajador de compañía)		35 Soles				
	Costo de piedra x m3		30 Soles				
	Volumen de enrocado x día		30 m3				
	Tiempo de excavadora x día		8 horas				
	Tiempo de trabajo de excavadora		3 días				
	Tiempo total para enrocado		4 días	7 días			
Nota: Se consideran 1 guardia por día de 08 horas							

Fuente: Área de planeamiento

4.2.3 Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de la relavera se ha estimado en función de la producción y las condiciones topográficas del vaso de la presa teniendo en consideración las secciones longitudinales y transversales con las que se cuenta **(Anexo N° 4)** y apoyándonos en el programa AutoCad.

Cuadro N° 14: Capacidad total de Relavera

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TOTAL DE LA RELAVERA										
LONGITUDINAL					TRANSVERSAL					
CORTES RELACIONADOS	Áreas (m2)	Área promedio (m2)	Longitud Promedio (m)	Volumen calculado (m3)	CORTES RELACIONADOS	Áreas (m2)	Área promedio (m2)	Longitud Promedio (m)	Volumen calculado (m3)	
Corte L-3	440.586	448.149	10.00	4,481.490	Corte T-4	26.409	25.770	10.00	257.700	
Corte L-4	455.712				Corte T-5	25.131				
Corte L-4	455.712	455.604	10.00	4,556.040	Corte T-5	25.131	24.481	10.00	244.810	
Corte L-5	455.496				Corte T-6	23.831				
Corte L-5	455.496	464.233	10.00	4,642.330	Corte T-6	23.831	23.187	10.00	231.865	
Corte L-6	472.970				Corte T-7	22.542				
Corte L-6	472.970	481.683	10.00	4,816.825	Corte T-7	22.542	21.940	10.00	219.400	
Corte L-7	490.395				Corte T-8	21.338				
Corte L-7	490.395	499.308	10.00	4,993.080	Corte T-8	21.338	20.848	10.00	208.475	
Corte L-8	508.221				Corte T-9	20.357				
Corte L-8	508.221	517.108	10.00	5,171.075	Corte T-9	20.357	19.519	10.00	195.190	
Corte L-9	525.994				Corte T-10	18.681				
Corte L-9	525.994	534.909	10.00	5,349.090	Corte T-10	18.681	18.042	10.00	180.415	
Corte L-10	543.824				Corte T-11	17.402				
Corte L-10	543.824	552.785	10.00	5,527.850	Corte T-11	17.402	16.768	10.00	167.680	
Corte L-11	561.746				Corte T-12	16.134				
Corte L-11	561.746	570.764	10.00	5,707.635	Corte T-12	16.134	15.480	10.00	154.795	
Corte L-12	579.781				Corte T-13	14.825				
Corte L-12	579.781	464.711	10.00	4,647.110	Corte T-13	14.825	14.193	10.00	141.925	
Corte L-13	349.641				Corte T-14	13.560				
Corte L-13	349.641	267.159	10.00	2,671.585	Corte T-14	13.560	12.921	10.00	129.210	
Corte L-14	184.676				Corte T-15	12.282				
Corte L-14	184.676	144.330	10.00	1,443.295						
Corte L-15	103.983									
Corte L-15	103.983	73.741	10.00	737.405						
Corte L-16	43.498									
Corte L-16	43.498	22.991	10.00	229.905						
Corte L-17	2.483									
TOTALES		5,497.472	140.00	54,974.715	TOTALES		213.147	110.00	2,131.465	

SUB -TOTAL	57,405	m3	22,203 m3 adicionales
TOTAL	79,608	m3	

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

Del cuadro anterior tenemos que el volumen total de almacenamiento es de **79,608 m³ (143,294 t)**. Asumiendo una capacidad tratamiento promedio de **200 t** por día con una densidad de relave de **1.4 t/m³**, se pueden deducir los siguientes resultados:

Volumen tratado por mes:

$$V = \frac{200}{1.4} \times 30 = \mathbf{4,286 \text{ m}^3/\text{mes}}$$

Vida de la relavera en meses:

$$D = \frac{79,608}{4,286} = 18.57 = \mathbf{18 \text{ meses}}$$

Considerando el factor de la humedad en el relave de 35% (según mediciones del relave), tenemos:

$$D = 18.57 \times 0.65 = 12.07 = \mathbf{12 \text{ meses.}}$$

Cuadro N° 15: Volumen a retirar del vaso

CORTES LONGITUDINALES								
CORTES RELACIONADOS	EXTRACCIÓN DE MATERIAL DEL TERRENO				REPOSICIÓN DE MATERIAL			
	Áreas (m2)	Área promedio (m2)	Longitud Promedio (m)	Volumen calculado (m3)	Áreas (m2)	Área promedio (m2)	Longitud Promedio (m)	Volumen calculado (m3)
Corte L-3	271.035	209.206	10	2092.055	15.508	17.097	10	170.9748
Corte L-4	147.376				16.154			
Corte L-4	147.376	117.460	10	1174.6	16.154	18.725	10	187.2504
Corte L-5	87.544				18.522			
Corte L-5	87.544	72.008	10	720.08	18.522	17.896	10	178.9614
Corte L-6	56.472				14.619			
Corte L-6	56.472	56.731	10	567.305	14.619	24.386	10	243.864
Corte L-7	56.989				30.541			
Corte L-7	56.989	59.296	10	592.960	30.541	34.269	10	342.689
Corte L-8	61.603				32.92			
Corte L-8	61.603	54.098	10	540.98	32.92	49.553	10	495.531
Corte L-9	46.593				58.845			
Corte L-9	46.593	46.929	10	469.29	58.845	100.084	10	1000.836
Corte L-10	47.265				126.495			
Corte L-10	47.265	47.746	10	477.46	126.495	122.513	10	1225.1304
Corte L-11	48.227				100.381			
Corte L-11	48.227	53.344	10	533.44	100.381	116.919	10	1169.1864
Corte L-12	58.461				116.135			
Corte L-12	58.461	42.111	10	421.105	116.135	140.203	10	1402.029
Corte L-13	25.76				143.5			
Corte L-13	25.76	40.708	10	407.075	143.5	85.013	10	850.133
Corte L-14	55.655				13.932			
Corte L-14	55.655	40.598	10	405.975	13.932	21.813	10	218.128
Corte L-15	25.54				26.462			
Corte L-15	25.54	20.468	10	204.680	26.462	21.311	10	213.111
Corte L-16	15.396				13.003			
Corte L-16	15.396	7.698	10	76.98	13.003	8.743	10	87.4314
Corte L-17	0				3.188			
TOTALES		868.3985	140	8683.985		778.52556	140	7785.2556

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

Cuadro N° 15: Volumen a retirar del vaso

		CORTES TRANSVERSALES							
		EXTRACCION DE MATERIAL DEL TERRENO				REPOSICION DE MATERIAL			
CORTES RELACIONADOS	Áreas (m2)	Área promedio (m2)	Longitud Promedio (m)	Volumen calculado (m3)	Áreas (m2)	Área promedio (m2)	Longitud Promedio (m)	Volumen calculado (m3)	
Corte T-4	19.374	19.209	10	192.085	5.227	5.352	10	53.52	
Corte T-5	19.043				4.684				
Corte T-5	19.043	18.735	10	187.345	4.684	5.039	10	50.39	
Corte T-6	18.426				4.648				
Corte T-6	18.426	17.493	10	174.93	4.648	5.050	10	50.50	
Corte T-7	16.56				4.703				
Corte T-7	16.56	16.191	10	161.905	4.703	4.731	10	47.31	
Corte T-8	15.821				4.059				
Corte T-8	15.821	15.170	10	151.695	4.059	3.919	10	39.19	
Corte T-9	14.518				3.198				
Corte T-9	14.518	11.524	10	115.235	3.198	4.889	10	48.89	
Corte T-10	8.529				5.856				
Corte T-10	8.529	7.836	10	78.355	5.856	8.601	10	86.01	
Corte T-11	7.142				10.072				
Corte T-11	7.142	7.949	10	79.49	10.072	10.528	10	105.28	
Corte T-12	8.756				9.424				
Corte T-12	8.756	9.181	10	91.805	9.424	9.439	10	94.39	
Corte T-13	9.605				8.056				
Corte T-13	9.605	9.138	10	91.375	8.056	9.042	10	90.42	
Corte T-14	8.67				8.689				
Corte T-14	8.67	8.418	10	84.180	8.689	8.637	10	86.37	
Corte T-15	8.166				7.306				
TOTALES		121.6315	100	1216.315		69.876	100	698.76	

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

Cuadro N° 16: Resumen de volúmenes a trabajar

RESUMEN DE VOLUMENES TRABAJADOS			
Cortes	T. Vol. Extraído	T. Vol. Repuesto	Vol. Restante
Longitudinales	8,683.99	7,785.26	898.73
Transversales	1,216.32	698.76	517.56
Total	9,900.30	8,484.02	1,416.28
Esponjamiento 15%	1,485.05	1,272.60	212.44
Total final	11,385.35	9,756.62	1,628.73

Fuente: Área de planeamiento- Aurex

Cuadro N° 17: Presupuesto – Limpieza de vaso de relavera

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	DIAS	P. UNIT	HWD	TOTAL
4	LIMPIEZA DE LA RELAVERA						
	Excavadora	m3	4,029	9	\$40.00	72	\$2,880.00
	Cargador	m3	4,029	9	\$30.00	36	\$1,080.00
	Volquetes	m3	4,029	9	\$27.00	216	\$5,832.00
	Supervisión	gbl	1	9	\$150.00	0	\$150.00
						Sub Total	\$9,942.00
	Contingencia 15 %						\$1,491.30
						Total	\$11,433

DATOS

Volumen a mover	1,629 m3	2400 m3 adicionales
Capacidad del volquete	14 m3	
Factor de llenado	90 %	
Capacidad real	12.6 m3	
Tiempo de 3 volquetes x día	24 horas	
# de viajes de volquete x día	50 vueltas	
Tiempo de excavadora x día	8 horas	
Tiempo de cargador x día	4 horas	
Volumen transportado por día	630 m3	
Tiempo adicional de trabajo de equipos	2	
Tiempo total de acarreo	6.40 días	9 días

Nota: Se consideran 1 guardia de 8 horas

Fuente: Área de planeamiento – Aurex

a) Diques perimetrales

La construcción de los diques comprende el volumen faltante calculado de 9,757 m³. Considera, el movimiento de tierra, disponible del material movido de la taza de la relavera, necesario para la construcción de las paredes del dique; además de la maquinaria necesaria para compactado y afirmado del dique, imprescindible para evitar fugas o desmoronamientos. Están comprendidos el levantamiento de los diques NE, SE, SO

Cuadro N° 18: Presupuesto – Levantamiento de diques

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	DIAS	P. UNIT	HWD	TOTAL
5	LEVANTAMIENTO DE DIQUES						
	Excavadora	m3	11,937	15	\$40.00	120	\$4,800.00
	Volquetes	m3	11,937	15	\$27.00	270	\$7,290.00
	Motoniveladora	m3	11,937	15	\$89.31	50	\$4,465.50
	Rodillo	m3	11,937	15	\$54.60	50	\$2,730.00
	Supervisión	gbl	1	15	\$250.00	0	\$250.00
						Sub Total	\$19,535.50
	Contingencia 15 %						\$2,930.33
						Total	\$22,466
DATOS							
	Volumen a mover		9,757 m3				2180 m3 adicionales
	Capacidad del volquete		14 m3				
	Factor de llenado		90 %				
	Capacidad real		12.6 m3				
	Tiempo de 3 volquetes x día		18 horas				
	# de viajes de volquetes x día		65 vueltas				
	Tiempo de excavadora x día		8 horas				
	Tiempo de motoniveladora		50 horas				
	Tiempo de rodillo		50 horas				
	Volumen transportado por día		819 m3				
	Tiempo total de acarreo		14.58 días		15 días		
Nota: Se consideran 1 guardia de 8 horas							

Fuente: Área de planeamiento – Aurex

4.2.4 Instalación del sistema de drenaje

Comprende la instalación de una tubería HDPE de 8” ranurada, especialmente diseñada para fines de drenaje, el cual será instalado en toda la extensión del cauce del río Quiulacocha (cauce comprendido en la extensión de la primera etapa de la relavera), previamente desviado; se consideran además los costos de mano de obra y trabajos adicionales requeridos para dicho fin.

Cuadro N° 19: Presupuesto – Instalación tubería de drenaje

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	P. UNIT	TOTAL
6	INSTALACION DE TUBERIA DE DRENAJE				
	Materiales	gbl	1	\$3,797.60	\$3,797.60
	Instalación de tuberías	m	203	\$5.00	\$1,015.00
	Otros trabajos	gbl	1	\$393.10	\$432.41
	Supervisión	gbl	1	\$150.00	\$150.00
				Sub Total	\$5,395.01
	Contingencia 15 %				\$809.25
				Total	\$6,204

DATOS

Longitud total	203 m	
Longitud de tubería	6 m	
Número de uniones	34 unidades	
Costo x tarea (trabajador provisional)	30 Soles	
Costo x tarea (trabajador de compañía)	35 Soles	
Metros instalados x día	40 m	
Tiempo total de instalación	5.08 días	5 días
Tiempo total de trabajo	8.00 días	

Nota: Se considera 1 guardia de 8 horas x día
La mano de obra considera también el movimiento de tierras
y trabajos adicionales correspondientes

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

4.2.5 Instalación de geomembrana

a) Nivelado y compactado del vaso

Comprende el traslado, depósito y compactación de relave seco en la superficie de la taza de la relavera, de tal manera que luego de su compactación tengamos un piso homogéneo y liso para tener una superficie adecuada para la instalación de la geomembrana. Se considera una película de relave con un espesor de 20 cm.

Cuadro N° 20: Presupuesto – Tendido de relave

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	DIAS	P. UNIT	HWD	TOTAL
7	TRANSPORTE Y TENDIDO DE RELAVE						
	Cargador	m3	3360	5	\$45.00	40	\$1,800.00
	Volquetes	m3	3360	5	\$27.00	90	\$2,430.00
	Motoniveladora	m2	13240	4	\$89.31	60	\$5,358.60
	Rodillo	m2	13240	4	\$54.60	60	\$3,276.00
	Supervisión	gbl	1	9	\$150.00	0	\$150.00
						Sub Total	\$13,014.60
	Contingencia 15 %						\$1,952.19
						Total	\$14,967
DATOS							
	Área en las paredes laterales		3561 m2				
	Área de la base		13240 m2				
	Ancho de la capa de relave		0.2 m				
	Volumen a mover		3360.2 m3				
	Capacidad del volquete		14 m3				
	Factor de llenado		100 %				
	Capacidad real		14 m3				
	Tiempo de 3 volquetes x día		18 horas				
	# de viajes de volquetes x día		50 vueltas				
	Tiempo de cargador x día		8 horas				
	Tiempo de motoniveladora		50 horas				
	Tiempo de rodillo		50 horas				
	Volumen transportado por día		700 m3				
	Tiempo total de acarreo		4.80 días		5 días		
	Tiempo total de compactado		4.00 días		9 días		
Nota: Se considera 1 guardia de 8 horas							

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

b) Instalación

Este ítem abarca la adquisición de la geomembrana, su traslado hacia la planta Andes y el proceso de instalación para la impermeabilización de la taza de la relavera. Las áreas calculadas para este fin son 13240 m² para la base de la relavera y 4624 m² correspondiente al área lateral de los taludes de los diques. Además se consideran 499 m² adicionales para la fijación y anclaje de la geomembrana.

Cuadro N° 21: Presupuesto – Instalación de geomembrana

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	P. UNIT	TOTAL
8	REVESTIDO CON GEOMEMBRANA				
	Geomembrana HDPE 1.0	m2	18363	\$1.98	\$36,359.69
	Transporte e instalación de geomembrana	gbl	1	\$5,907.23	\$5,907.23
	Costos adicionales	gbl	1	\$5,150.00	\$5,150.00
				Sub Total	\$47,416.92
	Contingencia 15 %				\$7,112.54
				Total	\$54,529
DATOS					
	Área en las paredes laterales	4624 m2			
	Área de la base	13240 m2			
	Área sobrante para instalación	499 m2			
	Costo x tarea (trabajador provisional)	30 Soles			
	Costo x tarea (trabajador de compañía)	35 Soles			
	Área instalada x día	2500 m2			
	Tiempo total de instalación	7.15 días		7 días	
	Trabajos adicionales	3.00 días			
	Tiempo total de trabajo	10.00 días			
	Nota: Se considera 1 guardia de 8 horas x día La mano de obra considera también el movimiento de tierras y trabajos adicionales correspondientes				

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

c) Costos finales

Con los cuadros mostrados se puede elaborar el presupuesto de construcción de la primera etapa – primer nivel de la relavera 2007.

Cuadro N° 22: Presupuesto – Resumen de costos del proyecto

RESUMEN DE COSTOS			
ITEM	DESCRIPCION		COSTO
1	CANAL DE DERIVACIÓN		\$17,296
2	DIQUE DE DESVÍO		\$4,243
3	DIQUE DE ENTREGA		\$2,693
4	LIMPIEZA DE LA RELAVERA		\$11,433
5	LEVANTAMIENTO DE DIQUES		\$22,466
6	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE DRENAJE		\$6,204
7	TRANSPORTE Y TENDIDO DE RELAVE		\$14,967
8	REVESTIDO CON GEOMEMBRANA		\$54,529
		TOTAL	\$133,831

Fuente: Área de planeamiento - Aurex

Hay que mencionar que el desarrollo de este informe se basa en el análisis de la construcción de la primera etapa y primer nivel de la Relavera 2007, ejecutada en el año 2009.

Realizando un análisis con respecto a los costos iniciales del proyecto:

Se estima que el costo total modificado resultará \$ 750,000, considerablemente, menor que los costos iniciales \$ 2'322,649.

4.2.6 Cronograma General de Actividades

Basándonos en los datos recabados y los resultados de los cálculos mostrados en el apartado anterior, realizamos la elaboración del cronograma de actividades tentativo para la ejecución del proyecto.

Para ello se tuvo en cuenta la eficiencia de equipos, la disponibilidad de los mismos, así como también las condiciones ambientales variables en la zona de trabajo para poder realizar el cronograma de obra respectivo, se tuvo en cuenta además el avance realizado previamente en el movimiento de tierras en la relavera.

El cronograma general de actividades se puede apreciar en el **anexo N° 5**.

4.2.7 Evaluación Económica

La evaluación económica es un análisis que permite indicarnos cuan rentable es la inversión a realizar, en este caso podemos realizar el análisis en el periodo de vida que se ha calculado para el depósito y los datos operativos de la Planta Andes.

Para la evaluación económica del proyecto de ésta etapa, se ha tenido en consideración los resultados obtenidos, además se ha considerado una tasa de descuento anual de 12%.

Cuadro N° 23: Evaluación Económica

EVALUACION ECONOMICA	
PARAMETROS PARA CONSTRUIR RELAVERA PRIMERA ETAPA	
CAPACIDAD DE RELAVERA	
Capacidad calculada (Agosto 2009)	143,294 TMS
INVERSION	
Construcción relavera	133,831 US\$
Vida útil (actual)	24 meses
Inversión US\$/TM	0.93 US\$/TM
VALOR DE MINERAL	
Valor de mineral	57.97 US\$/TM
Total valor de mineral	8,307,334 US\$
COSTO TOTAL	
Costo de mineral	38.55 US\$/TM
Total costo de mineral	5,523,506 US\$
UTILIDAD DE MINERAL	
Utilidad de mineral	19.43 US\$/TM
Total utilidad de mineral	2,783,828 US\$
ANALISIS ECONOMICO	
Utilidad (US\$/mes)	116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564
Periodo (meses)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Inversion Relavera	-41,851 -28,406 -63,575
Flujo	-41,851 -28,406 -63,575 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564 116,564
Tasa de descuento Anual	12.0%
Tasa de descuento Mensual	0.9%
TIR	55%
VAN	957,800
Flujo	-41,851 -28,406 -63,575 116,564 19,669
TIR	0.9%
VAN	0.00
PERIODO REC.	3.2 meses

Fuente: Área de planeamiento

Los resultados indican que para el proyecto tenemos un TIR de 55% y un periodo de recuperación de 3 meses y medio, lo cual

indica que los resultados son bastante favorables en cuanto a factibilidad del proyecto se refiere.

Además nos refleja que la inversión será recuperada en un periodo de tiempo muy corto, por tanto se sugiere proceder con el mismo.

CAPÍTULO V: EJECUCIÓN RELAVERA 2007 – I ETAPA – I NIVEL

5.1 LÍNEA BASE

Para la ejecución del proyecto se tomo como base los datos de ingeniería del proyecto original, es decir las características y detalles señalados en el Capítulo II de este informe.

Del mismo modo también se tienen en cuenta los cambios establecidos en el Capítulo IV, los cuales tienen base en un estudio de campo con relación a las características siguientes:

Los precios unitarios mostrados en los cuadros de los presupuesto, están referidos a los datos de precios en el año de ejecución (2009) que se manejaban en la Planta Andes.

Las eficiencias mostradas también están relacionadas con estudios de tiempos en campo y las particularidades de las rutas de transporte para el traslado de material.

Se tuvo en cuenta las horas de guardias que se trabajan en la planta y las eficiencias de avance del personal entre otros aspectos.

Con estos datos se pudo iniciar con los trabajos de movimiento de tierras según se había programado.

5.2 DISTRIBUCIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS

Para iniciar con el trabajo de movimiento de tierras, se hicieron las siguientes coordinaciones:

Se contrataron los servicios de cinco transportistas que venían trabajando con nosotros en el transporte de relave desde la zona de extracción hasta la Planta Andes. Se conversó y acordó con los transportistas acerca de las condiciones y características del trabajo, las remuneraciones por traslado y control que se iba a implementar y los reglamentos internos de la empresa a los que debían estar sujetos mientras trabajaran en las instalaciones de la Planta Andes.

Se contrató un personal permanente para el control y dirección de los equipos. Este personal fue capacitado e instruido en los objetivos del proyecto y diariamente coordinaba para conocer los pormenores del trabajo.

Se evaluaron los equipos de la compañía:

- Una excavadora Komatsu PC 200, que fue adquirida en el 2005 y a la fecha de la ejecución se encontraba

operativa, la cual iba ser el equipo principal para el movimiento de tierras.

- Un cargador LiuGong, adquirido en el segundo trimestre del 2009, apoyará tanto en los trabajos del proyecto como en las labores diarias de planta (Tolveo, descarga y alimentación de cianuro y cal, retiro de granza, entre otros trabajos).
- Un cargador Fiat; equipo antigua y depreciado que presentaba muchas dificultades operativas y muy baja disponibilidad, se le utilizará en el proyecto para actividades específicas y apoyo en zonas seguras y bajo supervisión constante.

5.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN

Los trabajos se iniciaron a comienzos del mes de agosto con la excavadora Komatsu de compañía y cinco volquetes alquilados los cuales se encargaban del traslado del material extraído del vaso la relavera hacia los diques para su conformación.

Figura 9: Trabajo con equipos



Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

En este punto, se usó a medio tiempo el cargador de compañía para la distribución y nivelado del material retirado del vaso y colocado en los diques.

Además se utilizó un rodillo compactador de 10 tn. Para dar la consistencia adecuada a los diques. Para garantizar la

adecuada compactación de los diques, producto del trabajo del rodillo se tomaron muestras con probetas para realizar los estudios de compactación por el método de proctor modificado; los resultados estuvieron dentro de los rangos aceptados **(Anexo N° 6)**.

Figura 10: Toma muestra de compactación



Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

5.3.1. Incidencias

A inicios del mes de agosto, se produjo un accidente ambiental por el desborde de uno de los diques de la relavera aún en funcionamiento (relavera 2000) con el consecuente derrame del relave que en él se encontraba depositado.

Como este suceso era un imprevisto y, obviamente, era prioritario dar una solución con celeridad, los equipos pasaron a

apoyar este trabajo, generando un retraso de tres semanas al cronograma inicial presentado.

Además, luego surgió una avería de la excavadora Komatsu de compañía, por ello se requirió alquilar una excavadora para continuar con el trabajo del proyecto de la relavera y no generar mayores retrasos.

Otro factor influyente en los resultados finales de cronograma y presupuesto fue el desvío de Río Quiulacocha, esto debido a que se retrasó la obtención de la autorización de desvío correspondiente de parte de la Autorización Local del Agua (ALA-PASCO).

El retraso de la autorización se debió a una tardanza a la hora de aprobar el expediente debido a unas observaciones que faltaban por levantar.

Como consecuencia de estos dos acontecimientos el cronograma fue reprogramado, lo cual trajo como consecuencia llegar a trabajar en tiempo de lluvia, lo cual limitaba también el avance de los trabajos debido las dificultades que se presentan para trabajos en dichas condiciones.

5.4 INSTALACIÓN DE SUB - DRENES

Para iniciar con este trabajo primero se buscó una cantera adecuada para obtener el material filtrante necesario, se escogió una cantera alejada unos 5 Km. De la zona del proyecto, donde se pudo ubicar los cantos rodados con partículas mayores a 3”.

Según el esquema presentado se tenía planeado colocar sub- drenes franceses al pie del vaso de la relavera (parte interna), pero fue notoria la necesidad de realizar un drenaje con instalación de tubería ranurada de 8” (similar al dren principal), por un tema de seguridad debido que las filtraciones encontradas resultaron de mayor caudal.

Figura 11: Instalación de sub-drenes



Fuente: Área de Planeamiento

Para este cometido se excavaron secciones de 1m. x 1m x 1m para colocar las tuberías, anclarlas con abrazaderas y posteriormente

recubrirlas con geotextil para mantener las ranuras filtrantes libres de materiales que pudiesen obstruirlos.

El dren principal era aquel que iba a ser colocado en el cauce seco del río Quiulacocha, una vez realizado el desvío se instaló el dren principal de la misma forma que los drenes anteriores.

5.5 DESVÍO DEL RÍO QUIULACOCHA

5.5.1 Incidencias

El desvío del Río Quiulacocha también se vio afectado por el incidente ambiental antes mencionado. Por ello se realizó con unas semanas de retraso lo cual afectó la obtención de la autorización de desvío.

Por motivos de presupuesto, se tuvieron que llevar los niveles de manera rudimentaria, ya que no se contaba con apoyo topográfico constante para el proyecto.

Se construyó una mira de tres metros de altura y con un nivel de agua se llevaba el control de cotas, luego, dichas cotas eran verificadas con apoyo de un teodolito, generalmente 2 veces al mes.

Además de la construcción del canal para el desvío del río, el trabajo también consideraba la construcción de un nuevo puente

peatonal para el tránsito de personas y animales de los pastores de la comunidad.

Figura 12: Puente de desvío del Río



Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

5.5.2 Autorizaciones

Para obtener la autorización de ALA–Pasco necesaria para realizar la desviación del Río Quiulacocho, se presentó el levantamiento de observaciones de dicha autoridad acerca del expediente preparado y de la inspección realizada en campo a fines del mes de octubre.

El día martes 10 de noviembre obtuvimos la autorización para el desvío del río, el cual se efectuó el día miércoles 11 de noviembre. Para la formalización del caso se obtuvo la resolución respectiva el día lunes 16 de noviembre.

Figura 13: Desvío de Río Quiulacocho



Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

5.6 Impermeabilización

Una vez tendido el relave seco a modo de piso liso, se procedió a las coordinaciones para la instalación de la geomembrana HDPE de 1 mm.

Para ello se contrataron los servicios de una empresa especializada, siempre bajo la supervisión y fiscalización de personal de Aurex. Adicionalmente, se proporcionó un total de 12 personas como apoyo para el tendido, presentación y fijación de la geomembrana.

Se puso a disposición la excavadora para el proceso de desenrollado de la geomembrana ya que la misma venía en presentaciones de rollos de 7 m x 200 m y con un peso total de aproximadamente 1.5 t n.

Además el personal excavó las zanjas de anclajes respectivas en coordinación con la empresa especializada se coordinaron en canales de 0.5m x 0.5m x 0.5 m.

Con ello se realizó la instalación de la geomembrana con el único problema de las interrupciones, en ocasiones constantes, por motivos de las lluvias ya que este trabajo se realizó en las primeras semanas de Diciembre. El rendimiento en condiciones normales es de 2,500 m² diarios de avance para los 18,500 m² calculados el tiempo estimado era de 10 días considerando trabajos adicionales y pruebas; sin embargo en las condiciones de épocas de lluvia el trabajo duro cerca de 3 semanas.

Figura 14: Instalación de geomembrana



Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

El protocolo final entregado por la empresa especializada (CIDELSA), se muestra en el **anexo N° 7**.

5.7 Autorización y puesta en marcha

5.7.1 Autorizaciones

Como parte de los requisitos para la autorización de funcionamiento de la relavera, el día 21 de Diciembre del 2009 se tuvo la visita de los profesionales de la Dirección Regional de Energía y Minas de Pasco (DREM - PASCO) los cuales realizaron un recorrido en la zona del proyecto, donde aún quedaba pendiente la finalización de los trabajos de instalación de la geomembrana, y verificaron el cumplimiento de las características técnicas del Estudio de Impacto Ambiental Semi – Detallado.

Figura 15: Funcionamiento relavera



Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

Se realizaron el levantamiento de observaciones de la visita y se presentó el documento de descargo, paralelamente se terminó

la instalación de la geomembrana y se culminaron también los trabajos adicionales para la puesta en marcha entre los que tenemos:

- La instalación de la iluminación respectiva.
- La adecuación de la poza de recuperación de soluciones y la bomba de recuperación.
- El colocado de señales informativas y de seguridad en el área.
- La reubicación y acondicionamiento de la línea de descarga de relave.

Finalmente, con fecha 11 de enero del 2010 se recibe la autorización para el funcionamiento de la relavera 2007 – 1° etapa – 1° Nivel.

5.8 Costos asociados al proyecto

Como consecuencia de las variaciones surgidas en el proceso de ejecución del proyecto, el costo final del mismo se vio también modificado

A partir del mes de agosto del 2009 se llevó un control del proyecto que incluye los equipos que han trabajado en la relavera, la mano de obra usada, los materiales e insumos requeridos y los adicionales a los que se han recurrido para

terminar la obra. Estos datos se resumen en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 24: Control de horas de equipos
CONTROL DE EQUIPOS ALQUILADOS EN EL PROYECTO

	Unidad	Cantidad	%
Alquiler camiones	h	672:05:00	43%
Alquiler rodillo	h	131:50:00	8%
Alquiler excavadora Kobelco	h	365:00:00	23%
Alquiler excavadora López	h	39:40:00	3%
Alquiler excavadora Flóres	h	121:22:00	8%
Alquiler Motoniveladora	h	9:00:00	1%
Alquiler cargador Flores	h	66:37:00	4%
Alquiler compactador manual	h	21:00:00	1%
Alquiler Retroexcavadora B & B	h	148:00:00	9%
TOTAL	h	1574:34:00	100%

Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

El cuadro muestra la necesidad de equipos para el proyecto se nota que el mayor peso está en el alquiler de camiones; de lo cual se deduce la cantidad de material transportado durante el proyecto.

Cuadro N° 25: Costo Relavera por Ítem

COSTOS RELAVERA NUEVA POR ITEM					
	Unidad	Cantidad	P.U.	Total	%
Equipos y maquinarias	gbl	1.00	\$63,498.40	\$63,498.40	41.39%
Materiales e insumos	gbl	1.00	\$61,105.24	\$61,105.24	39.83%
Mano de obra	gbl	1.00	\$10,395.87	\$10,395.87	6.78%
Otros gastos	gbl	1.00	\$18,433.77	\$18,433.77	12.01%
COSTO TOTAL				\$153,433.28	100.00%

Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

El cuadro muestra la distribución de los costos del proyecto por tipo de gasto y como se aprecia los rubros más importantes fueron equipos y maquinarias por el alquiler de camiones y equipo pesado, y materiales e insumos por el monto que se incurrió en la adquisición de la geomembrana como material (alrededor de US\$ 40,000)

Cuadro N° 26: Costo mensual Relavera

COSTOS RELAVERA NUEVA POR MES					
	Unidad	Cantidad	P.U.	Total	%
Agosto	gbl	1.00	\$11,748	\$11,748	8%
Setiembre	gbl	1.00	\$17,213	\$17,213	11%
Octubre	gbl	1.00	\$19,779	\$19,779	13%
Noviembre	gbl	1.00	\$32,720	\$32,720	21%
Diciembre	gbl	1.00	\$71,973	\$71,973	47%
COSTO TOTAL				\$153,433	100%

Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

El cuadro anterior muestra la distribución de los costos del proyecto divididos por mes donde en el mes de diciembre se gastó casi el 50% del monto total. El monto de diciembre se debe a que en este mes se produjo la instalación de la geomembrana para recubrir el interior de la relavera además de las tuberías y geotextil colocados en los drenajes.

Resumen de actividades:

A continuación se muestra un resumen de las actividades que englobaron el proyecto de la construcción de la relavera 2007 y la construcción del canal de derivación del Río Quiulacochoa, donde se puede apreciar el avance porcentual mes a mes tanto de las actividades como del proyecto en conjunto.

Cuadro N° 27: Actividades Relavera 2007 – 1° Etapa – 1° Nivel

		ACTIVIDADES PROYECTO RELAVERA 2007				
CONSTRUCCIÓN DE RELAVERA		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	CANAL DE DERIVACION	63.0%	94.0%	100.0%	100.0%	100.0%
2	DIQUE DE DESVÍO	0.0%	8.3%	89.3%	100.0%	100.0%
3	DIQUE DE ENTREGA	0.0%	0.0%	72.6%	100.0%	100.0%
4	LIMPIEZA DE LA RELAVERA	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
5	LEVANTAMIENTO DE DIQUES	85.0%	91.4%	90.4%	100.0%	100.0%
6	ADQUISICIÓN DE MATERIALES PARA DRENAJE	50.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
7	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE DRENAJE	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
8	TRANSPORTE Y TENDIDO DE RELAVE	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%
9	ADQUISICIÓN Y TRASLADO DE GEOMEMBRANA	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%
10	REVESTIDO CON GEOMEMBRANA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
		29.8%	36.9%	75.2%	90.0%	100.0%

Fuente: Área de Planeamiento - Aurex

CONCLUSIONES

- Ante la necesidad de la construcción de un nuevo depósito de relaves en Minera Aurex, se presentaron ciertos factores que incidían en una toma de decisión para poder elegir la mejor opción de ejecución.
- Se realizó el análisis teniendo en cuenta los factores operativos, sociales, económicos y globales y se recomendó realizar la construcción del depósito en 2 etapas y 2 niveles.
- Se realizó además el análisis de los costos iniciales del proyecto y se recomendó realizar con supervisión propia y recursos también propios dentro de lo posible.
- El accidente ambiental retrasó las actividades en dos semanas debido al uso de equipos del proyecto en dicha contingencia.
- La avería de excavadora Komatsu se produjo en el segundo mes de ejecución. Se necesitó alquilar otra excavadora lo cual no sólo retrasó los trabajos (hasta remplazar la averiada), sino también

aumentó los costos estimados inicialmente debido a que una excavadora alquilada resultó más cara.

- Otro factor negativo fue la demora en la obtención de la autorización para el desvío del Río Quiulacocha, que detuvo los trabajos por espacio de tres semanas.
- Debido a los factores antes mencionados, el cronograma de actividades tuvo que replantearse, lo cual trajo como consecuencia la llegada de la temporada de lluvias. Éstas que dificultaban los trabajos con camiones y equipó pesado y que en más de una oportunidad ocasionaron la paralización del trabajo.
- Las contingencias propias del proyecto como la construcción de un puente peatonal en el canal de desvío, el incremento de excavación para canales de pie e instalación adicional de tuberías de 8" para el drenaje de la relavera, la adquisición de geotextil para proteger cierta área del vaso de la relavera que no pudo ser compactada, también tuvieron incidencia.
- Aunque los costos finales del proyecto (US\$ 150,000) superaron a los costos estimados (US\$ 133,000), éstos quedaron muy por debajo de los costos asociados al proyecto original (US\$ 500,000 aproximadamente); por tanto se concluye que el proyecto resultó siendo muy favorable.

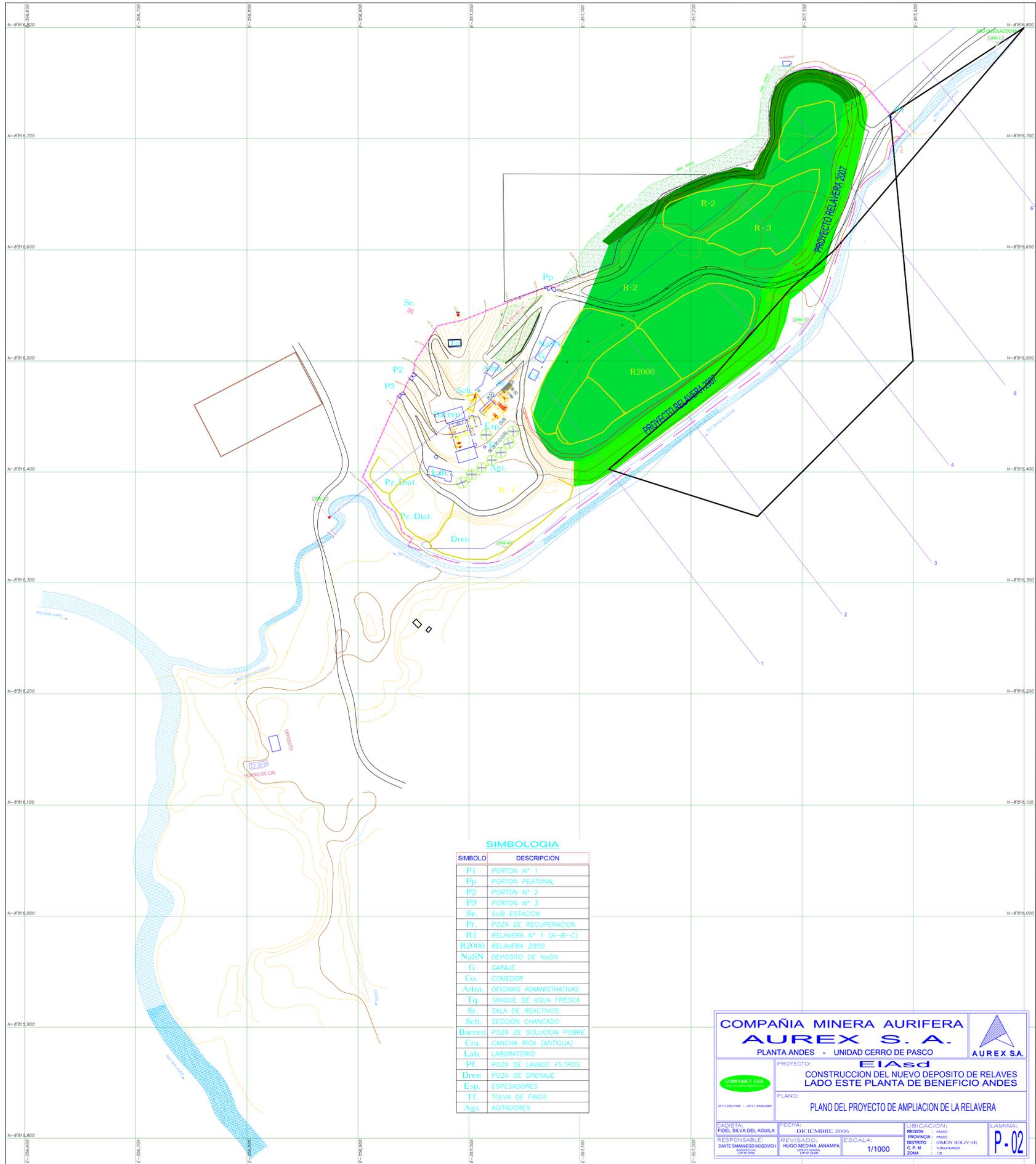
- Se cumplieron los objetivos, aún con los retrasos mencionados, de finalizar el proyecto a inicios del 2010, lo cual garantizó el normal funcionamiento de las operaciones, a la vez que redujo los costos del proyecto original.

BIBLIOGRAFÍA

- CIDELSA S.A. ***“Impermeabilización de Cancha de Relaves Cia. Minera Aurex S.A.”*** procedimiento, instalación y control de calidad de la geomembrana de HDPE. Enero 2010.
- COMPUMET EIRL ***EIAsd: “Construcción de un Nuevo Depósito de Relaves – Lado Este Planta de Beneficio Andes”***. Diciembre del 2006.
- COPERSA S.A. ***Estudio Hidrológico Complementario de “Desviación del Río Quiulacocha” para ampliación del Depósito de Relaves***. Enero del 2009.
- Horace W. King, Chester O. Wisler, James G. Wooddburn, ***“Hidráulica”***.
- Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, ***“Mecánica de Fluidos e Hidráulica”***.
- Robert L. Mott, ***“Mecánica de Fluidos Aplicada”***.

ANEXOS

ANEXO 1
PLANO GENERAL AUREX

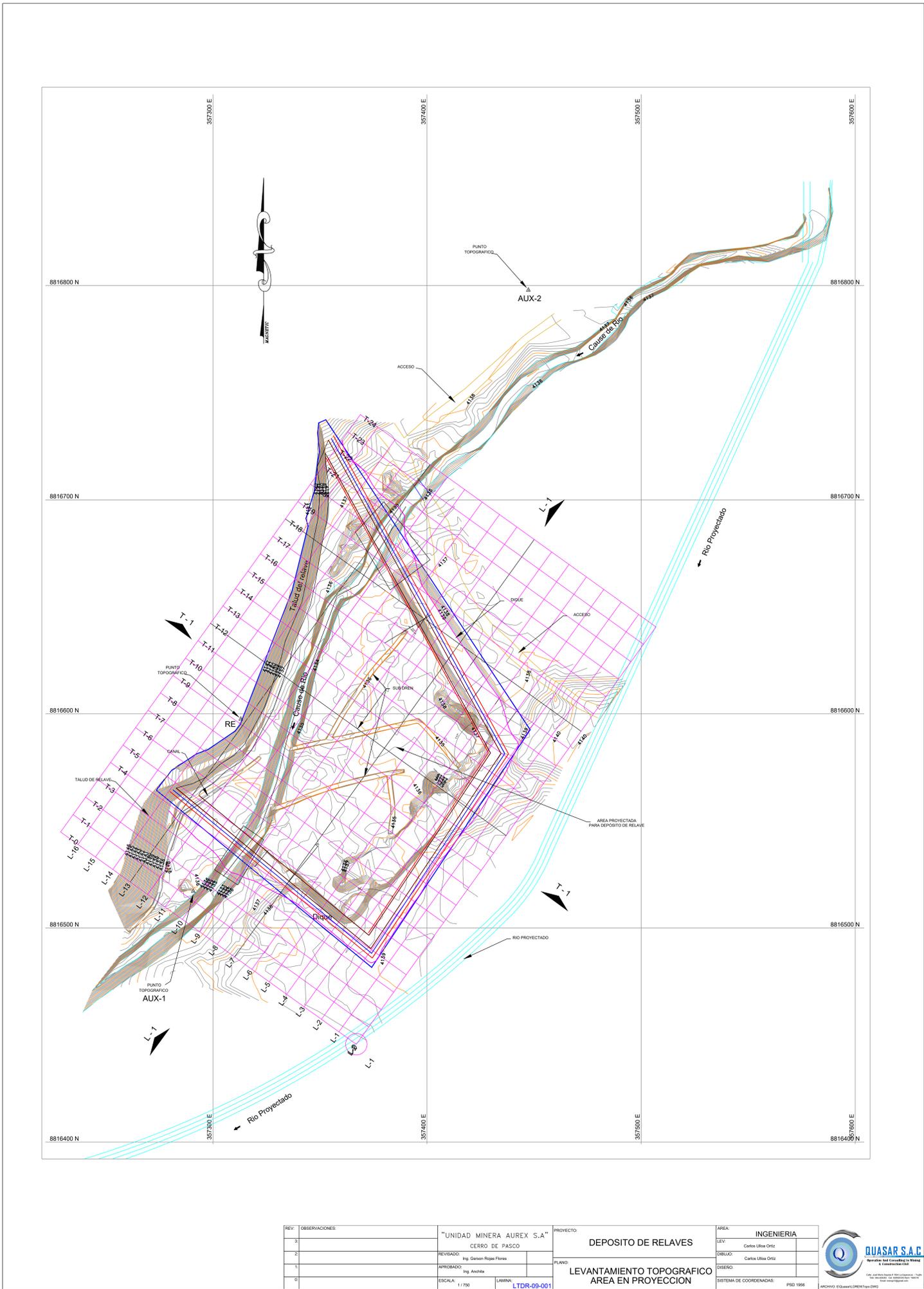


SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
P1	PORTON N° 1
Pp	PORTON PEATONAL
P2	PORTON N° 2
P3	PORTON N° 3
Se.	SUB ESTACION
Pr.	POZA DE RECUPERACION
R1	RELAVERA N° 1 (A-B-C)
R2000	RELAVERA 2000
NaSN	DEPOSITO DE NaSN
G	GARAJE
Co.	COMEDOR
Adm.	OFICINAS ADMINISTRATIVAS
Tq.	TANQUE DE AGUA FRESCA
Sr.	SALA DE REACTIVOS
Sch.	SECCION CHANCADO
Barren	POZA DE SOLUCION POBRE
Cra.	CANCHA RICA (ANTIGUA)
Lab.	LABORATORIO
PF.	POZA DE LAVADO FILTROS
Dren	POZA DE DRENAJE
Esp.	ESPESADORES
TF.	TOLVA DE FINOS
Ag.	AGITADORES

COMPAÑIA MINERA AURIFERA AUREX S. A.		
PLANTA ANDES - UNIDAD CERRO DE PASCO		
PROYECTO: CONSTRUCCION DEL NUEVO DEPOSITO DE RELAVES LADO ESTE PLANTA DE BENEFICIO ANDES		
PLANO: PLANO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DE LA RELAVERA		
<small>PROYECTO: 011/2006-000 - 011/ 0006/2006</small>	<small>FECHA:</small> DICIEMBRE 2006	<small>LUBRICACION:</small> REGION : PASCO PROVINCIA : PASCO DISTRITO : SIMON BOLIVAR C.P.M. : YARAFUQUA ZONA : I.B.
<small>CADISTA:</small> FIDEL SILVA DEL AGUILA	<small>REVISADO:</small> HUGO MEDINA JANAMPA	<small>ESCALA:</small> 1/1000
<small>RESPONSABLE:</small> DANTE SARRIENO MOSQUERA	<small>REVISADO:</small> HUGO MEDINA JANAMPA	LAMINA: P-02

ANEXO 2
VISTA EN PLANTA PROYECTO
RELAVERA 2007



REV.	OBSERVACIONES
3	
2	
1	
0	

"UNIDAD MINERA AUREX S.A."	
CERRO DE PASCO	
REVISADO:	Ing. Gerson Rojas Flores
APROBADO:	Ing. Arechita
ESCALA:	1:750
LAMINA:	LTR-09-001

PROYECTO:	DEPOSITO DE RELAVES
PLANO:	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO AREA EN PROYECCION

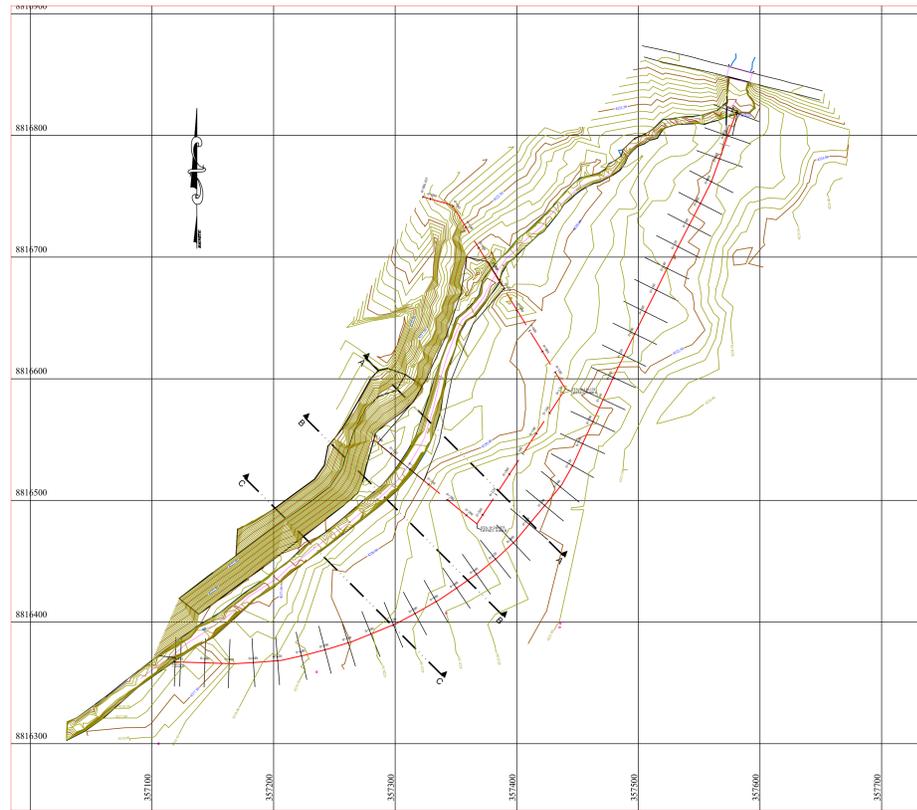
AREA:	INGENIERIA
LEV:	Carlos Ulises Ortiz
DIBUJO:	Carlos Ulises Ortiz
DISEÑO:	
SISTEMA DE COORDENADAS:	PSD 1956



ANEXO 3
PERFIL DE RÍO QUIULACOCHA

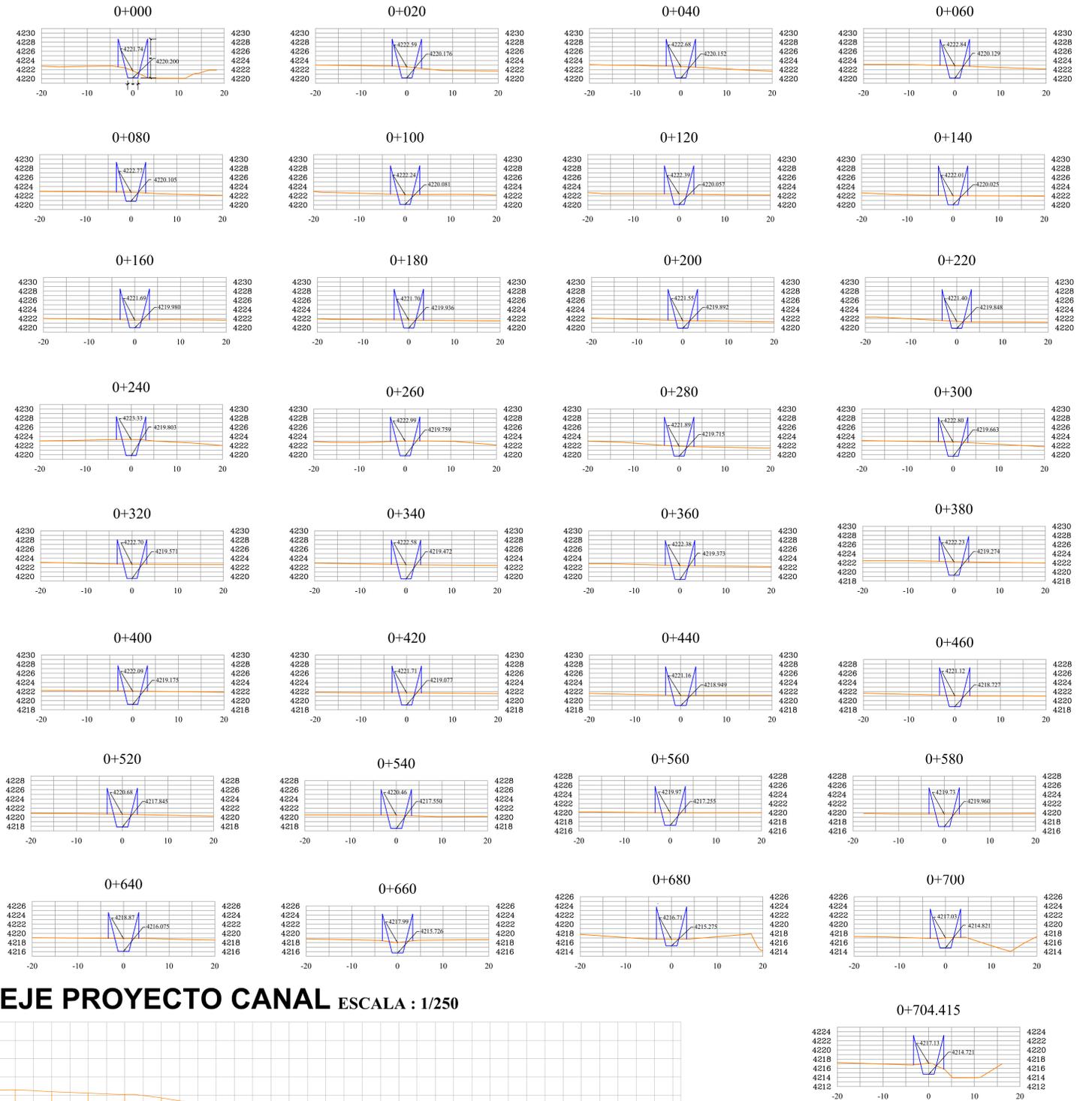
PLANTA - CANAL PROYECTADO DE RIO

ESCALA : 1/2500

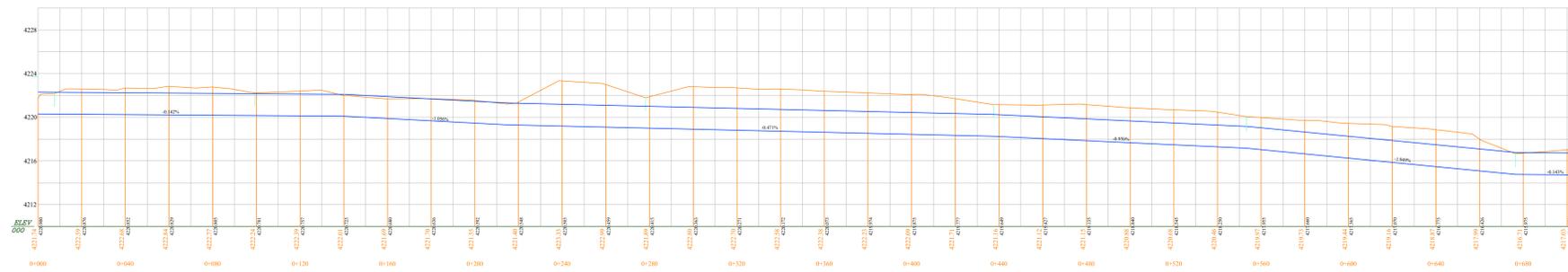


SECCIONES DEL CANAL PROYECTADO

ESCALA : 1/500



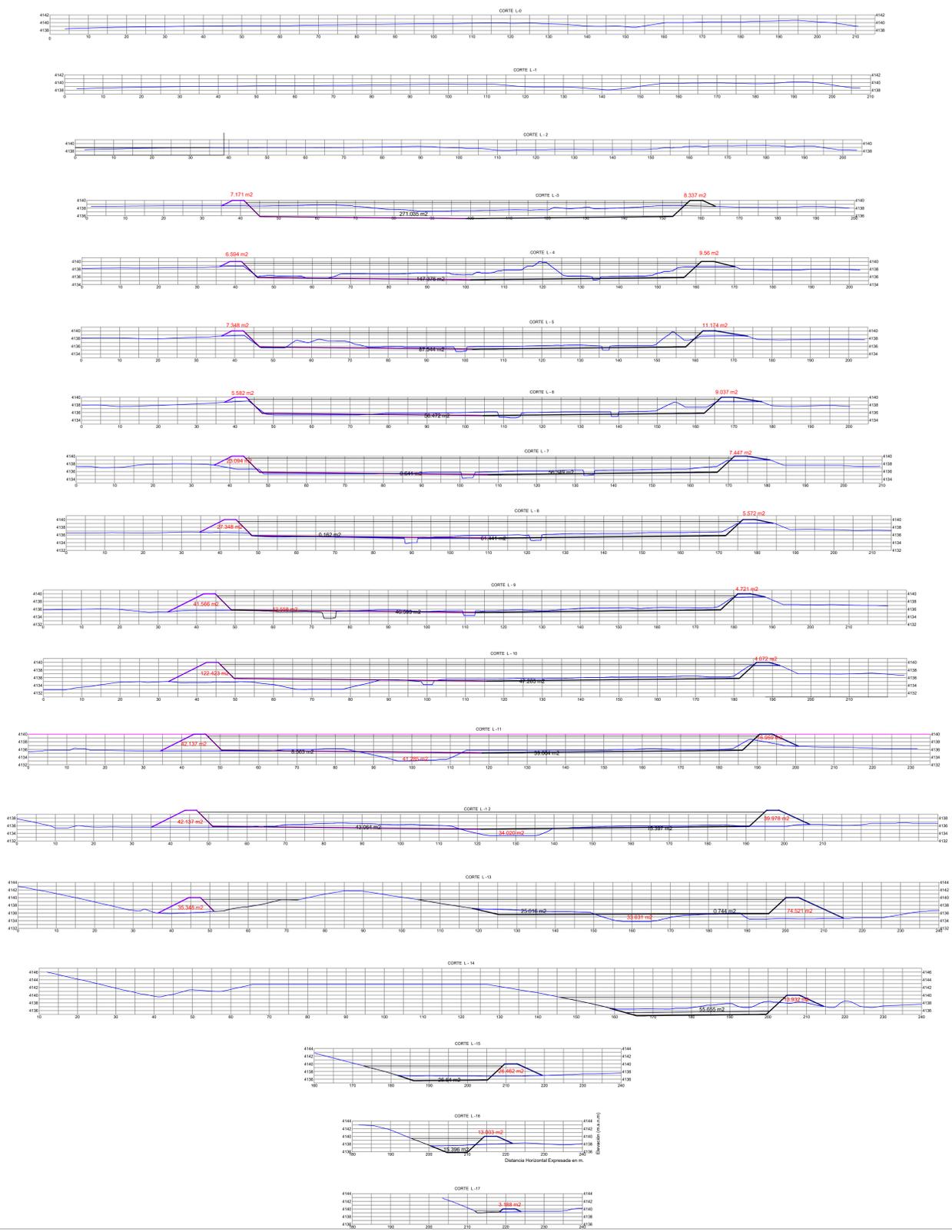
6 PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE PROYECTO CANAL ESCALA : 1/250



		MINERA "AUREX"	
ACAD DIGITALIZADO	P.P.G.	APROBADO POR:	A.A.L.
REVISADO POR	J.G.B.	ARCHIVO:	HIROLOGICO AUREX
PROYECTO:	ESTUDIO HIDROLOGICO		A-03
PERFIL Y SECCIONES DEL CANAL PROYECTADO			DATUM : PSAD-56 ESCALA : INDICADA FECHA : DICIEMBRE 2008

ANEXO 4
PERFILES VASO DE RELAVERA 2007

PERFIL LONGITUDINAL PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE

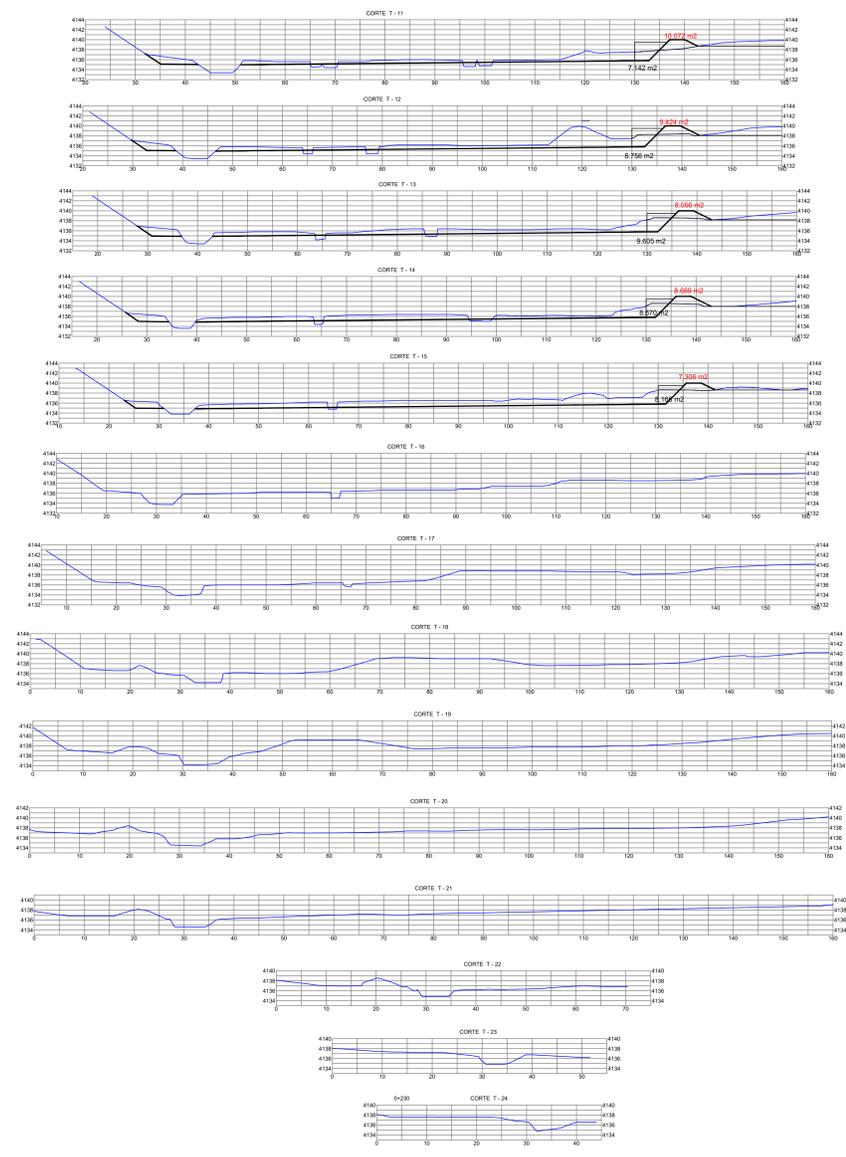
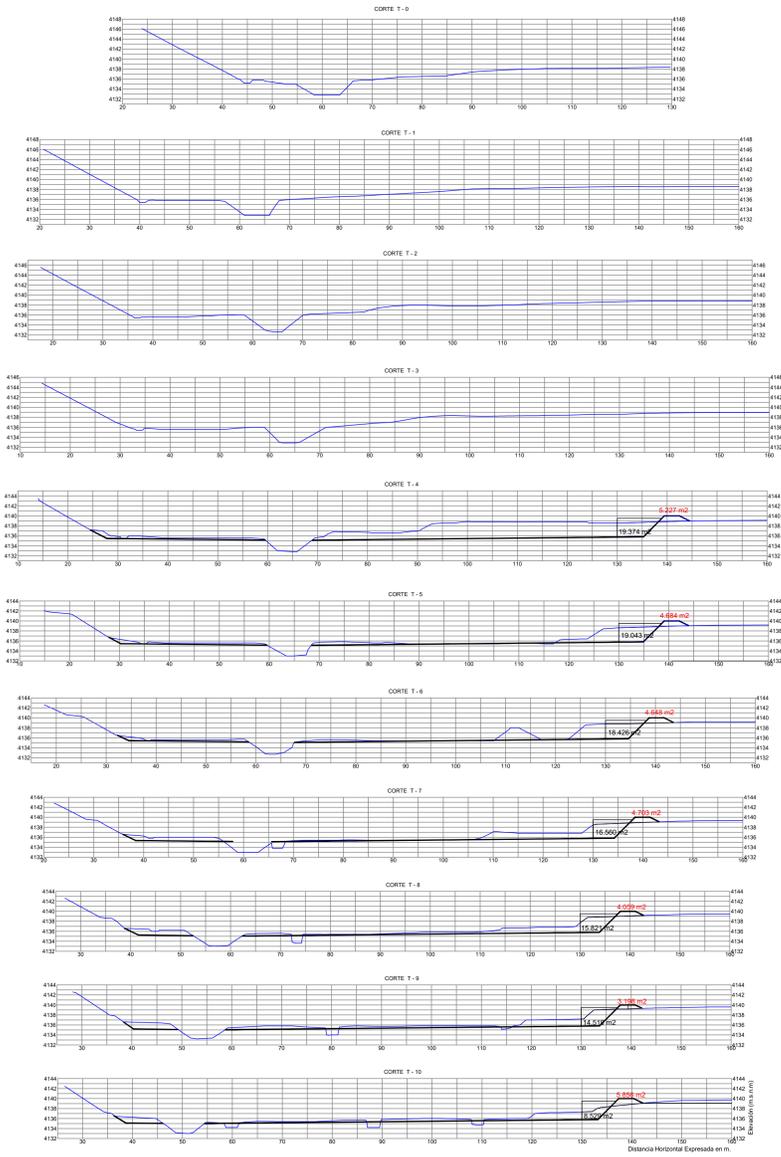


REV:	OBSERVACIONES:	PROYECTO:	AREA:
3		DEPOSITO DE RELAVES	INGENIERIA
2			LEV: Carlos Ulloa Ortiz
1			DRUJO: Carlos Ulloa Ortiz
0			DISENO:
			SISTEMA DE COORDENADAS: PSD 1956
			ARCHIVO: EQUIPAMIENTO.DWG

"UNIDAD MINERA AUREX S.A."
 CERRO DE PASCO
 REVISADO: Ing. Gerson Rojas Flores
 APROBADO: Ing. Anibal
 ESCALA: H: 1/200
 V: 1/500
 LAMINA: LTR-09-002



CORTES TRANSVERSALES PROYECTO DEPOSITO DE RELAVES



REV.	OBSERVACIONES
3	
2	
1	
0	

"UNIDAD MINERA AUREX S.A." CERRO DE PASCO	
REVISADO:	Ing. Gerson Rojas Flores
APROBADO:	Ing. Archibaldo
ESCALA:	H: 1/500
LAMINA:	L TDR-09-004

PROYECTO:	DEPOSITO DE RELAVES
PLANO:	CORTES TRANSVERSALES

AREA:	INGENIERIA
LEV:	Carlos Ulloa Ortiz
DIBUJO:	Carlos Ulloa Ortiz
DISEÑO:	
SISTEMA DE COORDENADAS:	PSD 1956



ANEXO 5
CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES
RELAVERA 2007

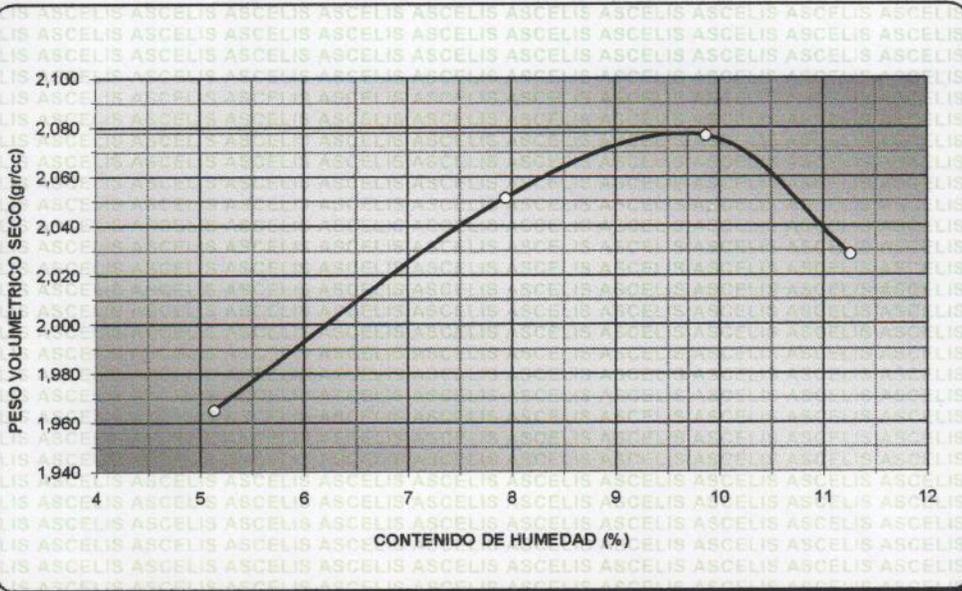
CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES RELAVERA 2007																																					
				SETIEMBRE								OCTUBRE								NOVIEMBRE																	
Actividades	P.U.	Un	Met.	Total	Sem 1		Sem 2		Sem 3		Sem 4		Sem 5		Sem 6		Sem 7		Sem 8		Sem 9		Sem 10		Sem 11		Sem 12		Sem 13								
					03-08-09	09-08-09	10-08-09	16-08-09	17-08-09	23-08-09	24-08-09	30-08-09	31-08-09	06-09-09	13-09-09	14-09-09	20-09-09	21-09-09	27-09-09	28-09-09	04-10-09	05-10-09	11-10-09	12-10-09	18-10-09	19-10-09	25-10-09	26-10-09	01-11-09								
CONSTRUCCIÓN DE RELAVERA																																					
CANAL DE DERIVACION CUMPLIMIENTO				17296																																	
1.1	Avance	0.68	m3	7085.50	5520			1000.00	779.11	3042.75	2370.64	3042.75	2370.64																								
1.2	Carguio y acarreo de material	1.41	m3	7085.50	11488			1000.00	1621.41	3042.75	4933.54	3042.75	4933.54																								
1.3	Supervisión	250.00	gbl	1.00	288			0.30	86.25	0.30	86.25	0.40	115.00																								
DIQUE DE DESVÍO CUMPLIMIENTO				4243																																	
2.1	Muro de contención	1.91	m³	502.00	1104							502.00	1104.00																								
2.2	Adquisición y traslado de piedra de 6" - 12"	13.01	m³	160.00	2394							160.00	2394.12																								
2.3	Enrocado	3.11	m³	160.00	573							160.00	572.52																								
2.4	Supervisión	150.00	gbl	1.00	173							1.00	172.50																								
DIQUE DE ENTREGA CUMPLIMIENTO				2693																																	
3.1	Muro de contención	1.91	m³	475.00	1045							475.00	1044.62																								
3.2	Adquisición y traslado de piedra de 6" - 12"	13.01	m³	75.00	1122							75.00	1122.24																								
3.3	Enrocado	3.11	m³	75.00	353							75.00	353.33																								
3.4	Supervisión	150.00	gbl	1.00	173							1.00	172.50																								
LIMPIEZA DE LA RELAVERA CUMPLIMIENTO				11433																																	
4.1	Avance	0.71	m³	4029.00	3312	1000.00	822.04	1514.50	1244.98	1514.50	1244.98																										
4.2	Carguio y acarreo de material	1.72	m³	4029.00	7949	1000.00	1972.90	1514.50	2987.95	1514.50	2987.95																										
4.3	Supervisión	150.00	gbl	1.00	173	0.30	51.75	0.30	51.75	0.40	69.00																										
LEVANTAMIENTO DE DIQUES CUMPLIMIENTO				21766																																	
5.1	Avance	0.40	m³	11937.00	5520	1000.00	462.43	1640.00	758.38	3936.00	1820.12	3936.00	1820.12																								
5.2	Carguio y acarreo de material	0.61	m³	11937.00	8383	1000.00	702.31	1640.00	1151.79	3936.00	2764.30	3936.00	2764.30																								
5.3	Nivelado y compactado	0.55	m³	11937.00	7575																																
5.4	Supervisión	250.00	gbl	1.00	288	0.20	57.50	0.20	57.50	0.20	57.50	0.20	57.50																								
ADQUISICIÓN DE MATERIALES PARA DRENAJE CUMPLIMIENTO				4367																																	
6.1	Adquisición de tuberías	10.00	m	203.00	2335							50.00	575.00	51.00	586.50	51.00	586.50	51.00	586.50																		
6.2	Adquisición de uniones para tuberías	5.36	c/u	35.00	216							8.00	49.31	9.00	55.48	9.00	55.48	9.00	55.48																		
6.3	Adquisición de geotextil	1.00	m²	80.00	92							20.00	23.00	20.00	23.00	20.00	23.00	20.00	23.00																		
6.4	Transporte de materiales	1,500.00	gbl	1.00	1725																																
INSTALACIÓN DE TUBERIAS DE DRENAJE CUMPLIMIENTO				1837																																	
7.1	Intalación de tuberías	5.00	m	203.00	1167																																
7.2	Trabajos adicionales	432.41	gbl	1.00	497																																
7.3	Supervisión	150.00	gbl	1.00	173																																
TRANSPORTE Y TENDIDO DE RELAVE CUMPLIMIENTO				14126																																	
8.1	Carguio y acarreo de relave	1.26	m³	3360.00	4864																																
8.2	Nivelado y compactado	0.60	m²	13240.00	9090																																
8.3	Supervisión	150.00	m²	1.00	173																																
ADQUISICIÓN Y TRASLADO DE GEOMEMBRANA CUMPLIMIENTO				43539																																	
9.1	Adquisición de geomembrana de 1 mm	1.98	m²	18363	41814																																
9.2	Transporte de materiales	1,500.00	gbl	1.00	1725																																
REVESTIDO CON GEOMEMBRANA CUMPLIMIENTO				10991																																	
10.1	Intalación de geomembrana	0.24	m²	18363	5068																																
10.2	Trabajos adicionales	5,000.00	gbl	1.00	5750																																
10.3	Supervisión	150.00	gbl	1.00	173																																
Prog				132291																																	
					4069			8739			16334			12708			4908			3358			10753			9388			9175		17655		24214		7458		3533

ANEXO 6
RESULTADOS DE PRUEBAS DE COMPACTACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 Control de Pavimento - Estudio de Suelos
 Ensayos de Materiales - Análisis Químicos de
 Agua y Suelo - Venta de Equipos para Laboratorio

INFORME : 400-01-2009
 SOLICITA : CIA. MINERA AUREX S.A.
 ATENCIÓN : ING EDUAR PEREZ
 OBRA : NUEVA RELAVERA
 UBICACIÓN : DE PASCO
 VOLUMEN : 2118
 MOLDE N° : 1
 MUESTRA : TOMADA EN OBRA
 CONTROL DE : COMPACTACION DE RELLENO EN CAPA FINAL DE DIQUES: ESTE, OESTE, NORTE, SUR
 Y VASO DE RELAVERA
 HECHO POR : R.C.M.
 FECHA : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2009

ENSAYO DE COMPACTACION



ENSAYO : PROCTOR ESTANDAR
 REFERENCIA : Norma ASTM D-698
 MÉTODO : "C"

Max. Dens. Seca (gr/cm ³)	2,078
O.C.H. (%)	9,7

JESUS SALVADOR BALTAZAR FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 66670

ASCELIS E.I.R.L.
 Laboratorio de
 SUELOS, CONCRETO
 Y ASFALTO
 Alcides Rubén Celis Margarito
 TEC. DE SUELOS, CONCRETO
 Y ASFALTO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Control de Pavimento - Estudio de Suelos
Ensayos de Materiales - Análisis Químicos de
Agua y Suelo - Venta de Equipos para Laboratorio

INFORME

DENSIDAD INSITU ASTM D - 1556

INFORME : 400-03-2009
SOLICITA : CIA. MINERA AUREX S.A.
ATENCIÓN : ING. EDUJAR PEREZ
OBRA : NUEVA RELAVERA
UBICACIÓN : PASCO
FECHA : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2009
CONTROL DE : COMPACTACIÓN DE RELLENO EN DIQUE OESTE, CAUCE DE RIO
HECHO POR : R.C.M.

Nº	UBICACIÓN	DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	% COMPACTACION
P1	PRUEBA N° 1, DIQUE OESTE(1)	1,827	3,6	1,763	85
P2	PRUEBA N° 2, DIQUE OESTE(2)	2,056	4,9	1,960	94
P3	PRUEBA N° 3, DIQUE OESTE(3)	2,090	10,1	1,898	91
P4	PRUEBA N° 4, RELLENO EN CAUCE DE RÍO	2,225	8,8	2,045	98
P5	PRUEBA N° 5 INGRESA A LA ZONA DE VASO DE RELAVERA	2,042	9,4	1,866	90

OB.S.: LOS DATOS DEL PROCTOR ESTANDAR MÉTODO "C" CORRESPONDE AL INFORME N° 400-01-2009

DEL 14 DE NOVIEMBRE DEL 2009

MAXIMA DENSIDAD SECA(gr/cm ³)	2,078
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	9,7

JESUS SALVADOR BALTAZAR FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 66670



Alcides Rubén Celis Margarito
TEC. DE SUELOS, CONCRETO
Y ASFALTO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Control de Pavimento - Estudio de Suelos
Ensayos de Materiales - Análisis Químicos de
Agua y Suelo - Venta de Equipos para Laboratorio

INFORME

DENSIDAD INSITU ASTM D - 1556

INFORME : 400-02-2009
SOLICITA : CIA. MINERA AUREX S.A.
ATENCIÓN : ING. EDUARDO PEREZ
OBRA : NUEVA RELAVERA
UBICACIÓN : PASCO
FECHA : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2009
CONTROL DE : COMPACTACIÓN DE RELLENO EN DIQUES: NORTE, ESTE Y SUR DE NUEVA RELAVERA
CAPA : CAPA FINAL DE RELLENO
HECHO POR : R.C.M.

Nº	UBICACIÓN	DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	% COMPACTACION
P1	PRUEBA Nº 1, DIQUE SUR (1)	2,312	9,9	2,104	101
P2	PRUEBA Nº 2 DIQUE SUR (2)	2,289	10,5	2,071	100
P3	PRUEBA Nº 3, DIQUE SUR (3)	2,126	7,9	1,970	95
P4	PRUEBA Nº 4 DIQUE ESTE (1)	2,093	11,9	1,870	90
P3	PRUEBA Nº 5 DIQUE ESTE (2)	2,167	7,9	2,007	97
P4	PRUEBA Nº 6 DIQUE ESTE (3)	2,243	7,1	2,094	101
P7	PRUEBA Nº 7 DIQUE ESTE (4)	2,082	10,9	1,878	90
P8	PRUEBA Nº 8 DIQUE NORTE (1)	2,214	8,1	2,048	99
P9	PRUEBA Nº 9 DIQUE NORTE (2)	2,179	5,8	2,060	99
P10	PRUEBA Nº 10 DIQUE NORTE (3)	2,051	6,5	1,926	93

OBS.: LOS DATOS DEL PROCTOR ESTANDAR MÉTODO "C" CORRESPONDE AL INFORME Nº 400-01-2009

DEL 14 DE NOVIEMBRE DEL 2009

MAXIMA DENSIDAD SECA(gr/cm ³)	2,078
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	9,7

JESUS SALVADOR BAIJAZAR FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 66670



Alcides Rubén Celis Margarito
TEC. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANEXO 7
PROTOCOLO FINAL
INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD GEOMEMBRANA DE HDPE

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de las de las estructuras impermeabilizadas con Geomembranas y los fines que se persiguen con ellas, como prevenir la propagación de contaminantes, reducir perdidas de soluciones, encausar fluidos, evitando impactar el ambiente a través la descarga o esparcido de desechos sólidos o líquidos, filtraciones o emisiones gaseosas, motiva el desarrollo de prácticas y métodos que garanticen la calidad de estas estructuras y el cumplimiento de los objetivos buscados con su concepción.

Los requerimientos técnicos especificados en este documento se aplicarán a la geomembrana de HDPE instalado por Cidelsa, el cual es responsable de la instalación e integridad del material hasta su entrega al dueño de la obra.

El compromiso lo asumimos con la estricta selección de nuestro personal, y de una dotación de equipos de instalación y control de calidad de primera línea

1.1 OBJETIVOS:

Del presente Plan

El Objetivo de este informe es dar a conocer los procedimientos necesarios que se efectuaron para lograr una correcta instalación de la geomembrana de HDPE cumpliendo con las especificaciones de Aseguramiento de Calidad que rigen los trabajos de Cia Minera Aurex a través de los estándares internacionales, ASTM y Especificaciones Técnicas de Aseguramiento de Calidad del Ingeniero para los Proyectos.

De la Empresa

Cidelsa está comprometida en brindar a Cia Minera Aurex un servicio de alta calidad en la instalación de la geomembrana de HDPE; compromiso que asumimos garantizando una estricta selección de nuestros técnicos, quienes cuentan con la experiencia y aptitudes necesarias para desarrollar el proceso productivo de instalación de Geosintéticos bajo procedimientos y Especificaciones Técnicas establecidas para los proyectos. Así mismo implementamos nuestras cuadrillas con los mejores equipos, garantizados y certificados de control de calibración de los instrumentos de control de calidad lo cual nos hace ser reconocidos como una de las mejores empresas peruanas que brinda a sus clientes soluciones integrales en los diferentes proyectos donde existan diferentes tipos de instalación de geosintéticos.

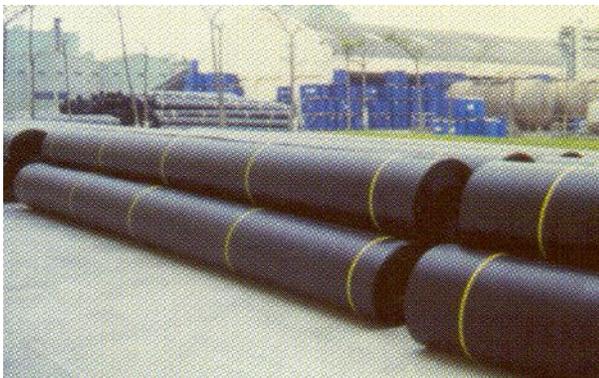
1.2 ALCANCES

Geomembranas

Las Geomembranas son láminas "impermeables" de polímeros, utilizadas en sistemas de forro de fondo y de cobertura. Su función es exclusivamente la de contener líquidos o vapores.

Tipos De Geomembranas

Las Geomembranas usadas más frecuentemente son las denominadas polyolefinas, pudiendo estas ser de polietileno de alta y baja densidad (HDPE y (VFPE y/o LLDPE), o de polipropileno flexible reforzado y no reforzado, además de las de PVC. Su uso depende del objetivo se espera que cumplan de acuerdo a su resistencia física, química ó flexibilidad.



 <p>Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</p>	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

Con respecto a la aspereza de la superficie, las geomembranas se clasifican como lisas y texturadas, siendo las últimas las que proporcionan un ángulo de fricción de interfaz más elevado que las primeras.

Empalme de Láminas de Geomembrana de HDPE

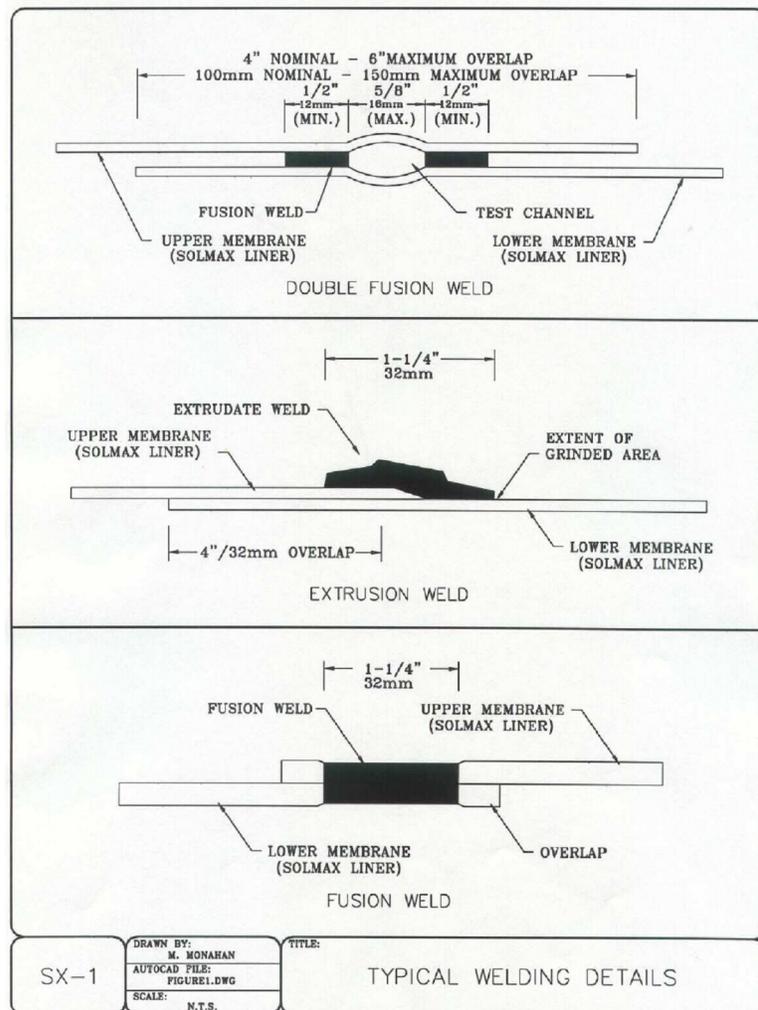
Se efectúa superponiendo los bordes de dos paneles adyacentes (traslape) y luego uniéndolos mediante alguno de los siguientes métodos:

Soldadura Por Fusión

Se plastifica (derriten) una parte del traslape usando borde metálico o aire caliente. La fusión generalmente se efectúa a lo largo de dos carriles adyacentes y paralelos, dejando un pequeño canal medio, el cual sirve para efectuar pruebas de la estanqueidad del empalme. Este método es aplicable a todo tipo de geomembrana y es el más usado.

Soldadura Por Extrusión

Se extruye un cordón (rod) de Polietileno sobre el borde o entre el traslape Este método es aplicable solamente a membranas de Polietileno y Polipropileno.



 <p>Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</p>	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

2.0 INSTALACION DE GEOMEMBRANA HDPE de 1.00mm de ESPESOR.

2.1 Terreno Preparado

El supervisor de Minera Aurex y responsable de Control de Calidad de Cidelsa inspeccionaron la base y taludes de la cancha de relaves para asegurarse de que no exista elementos corto punzantes. El supervisor de Minera Aurex garantizo que el terreno es estable y por lo tanto esta en condiciones para recibir la geomembrana de HDPE de 1.00mm de espesor. El terreno no presentaba Áreas sueltas o no compactadas y por ello no fue necesario reconfigurarlas.



El supervisor analizo el terreno preparada y dio su aprobación por que cumplía con las especificaciones técnicas para el Proyecto.



2.2 Excavación y Relleno de la Trinchera de Anclaje

Las trincheras de anclaje se excavaron de acuerdo a las líneas y niveles aproximados que figuran en los Planos del Contrato para esto el Supervisor y el Control de Calidad de Cidelsa verificaron la excavación de la trinchera para garantizar que únicamente se haya excavado la distancia requerida para llevar a cabo la instalación de la geomembrana de HDPE. En las etapas iniciales de la excavación de la trinchera, Cidelsa y el supervisor controlaron las paredes laterales de la trinchera de excesiva desecación de los materiales.

Cidelsa verifico que el borde de entrada de las trincheras de anclaje sea redondeado para minimizar las formas agudas en el material de revestimiento y así evitar que los paneles se encuentren expuestos a una constante fatiga.

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

2.3 Despliegue

Una parte de la instalación de geomembrana consistió en desplegar los rollos en el terreno aprobado por el Supervisor y Cidelsa.

Antes de realizar el despliegue de los rollos de geomembrana de HDPE 1.00mm se procedió a medir el espesor de la geomembrana

El personal encargado de la instalación tomo en cuenta los siguientes aspectos:
El equipo utilizado en el despliegue no dañó la superficie del terreno.

El personal que estuvo en contacto con la geomembrana uso zapatos con planta de goma para no dañarla. También revisaron que en la planta de los zapatos no ingresen piedras u objetos punzantes que puedan dañar lo geomembrana.

No Fumaron en el área de trabajo.

Desplegaron sobre terreno preparado adecuadamente previniendo el uso de anclajes temporales para evitar daños o accidentes por incidencia del viento



El anclaje temporal utilizado (sacos con Arena) no fue arrastrado sobre la geomembrana.

El traslape entre los diferentes materiales a soldar fue el adecuado ajustándose a la maquina Hot Wedge encargada de realizar la soldadura.

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.		

El técnico de Control de Calidad del Instalador identifico cada panel anotando con marcador (indeleble) la información siguiente:

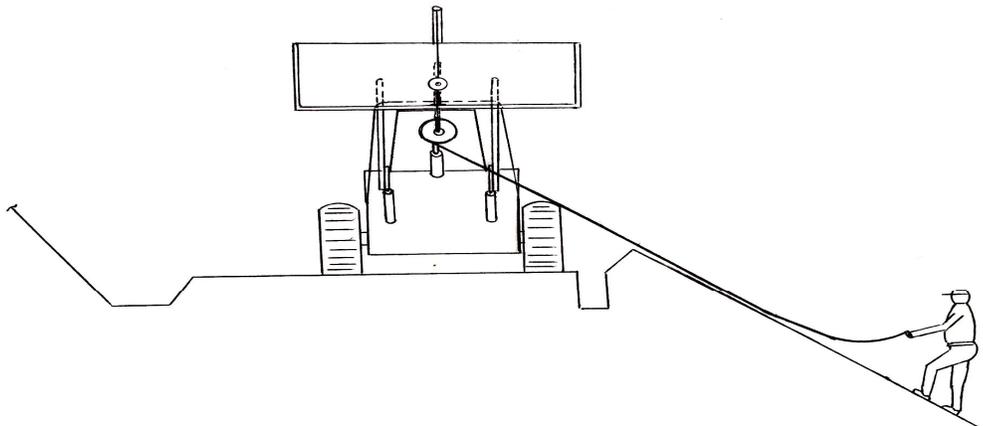
Nº de panel.

Nº de rollo.

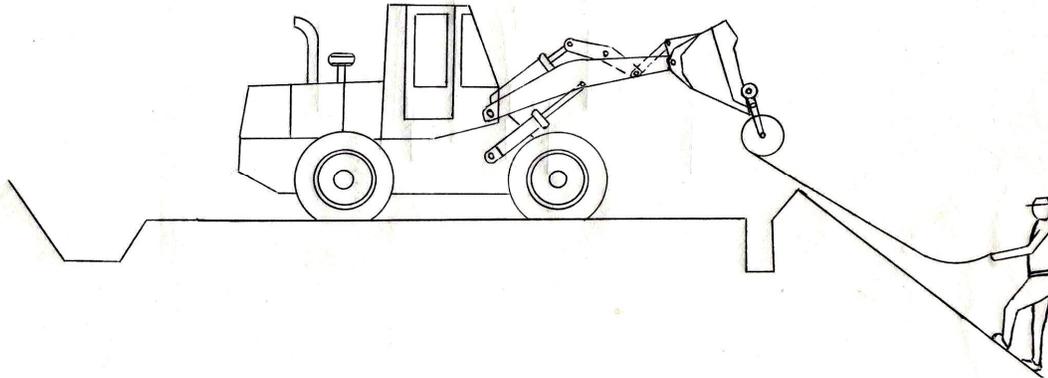
Dimensión del Panel.

Fecha y Hora de despliegue.

Manipularon equipos y herramientas de manera que no se ocasionaron daños a los geosintéticos



 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	



3.0 SOLDADURA DE PANELES

3.1 Soldadura de Fusión

a. Calibración del Equipo

La calibración de la cuña caliente (Hot Wedge) se adecuo al espesor de la lámina de soldar y fue uno de los factores más importantes para obtener una soldadura de buena calidad. Tal es así que aún cuando los parámetros de soldadura (temperatura y velocidad) estén bien seleccionados, una mala calibración hubiese producido una soldadura deficiente.

El procedimiento de calibración comprendió los siguientes aspectos::

Ajuste de los rodillos de tracción

Posición de la cuña

Regulación de rodillos locos superiores e inferiores

b. Selección de la Temperatura y Velocidad de Trabajo

Para la velocidad y temperatura de trabajo se tomo en consideración la siguiente recomendación :

PARAMETRO REFERENCIAL PARA SOLDADURA POR CUÑA CALIENTE				
MATERIAL	TEXTURA	ESPESOR	TEMPERATURA	VELOCIDAD
HDPE	Lisa	0.50	350°C	5,4 m/min
HDPE	Lisa	0.75	350°C	5,0 m/min
HDPE	Lisa	1.00	350°C	4,1 m/min
HDPE	Lisa	1.50	370°C	3,2 m/min
HDPE	Lisa	2.00	370°C	2,3 m/min
HDPE	Lisa	2.50	370°C	1,4 - 1,8 m/min
HDPE	Lisa	3.00	370°C	0,9 - 1,4 m/min
HDPE	Texturada	1.00	380°C	2,4 m/min
HDPE	Texturada	1.50	400°C	2,0 m/min
HDPE	Texturada	2.00	400°C	1,2 m/min
HDPE	Texturada	2.50	400°C	0,75 - 1,0 m/min
LLDPE	Lisa	0.50	325°C	5,4 m/min
LLDPE	Lisa	0.75	325°C	5,0 m/min
LLDPE	Lisa	1.00	335°C	4,1 m/min
LLDPE	Lisa	1.50	350°C	2,3 m/min

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

Los parámetros que se entregan en la tabla son referenciales sobre el punto de partida para calibrar la cuña y no representan necesariamente una condición exacta.

Nota 1: Esta tabla es aplicable a cuñas de Columbine y Concord.

c. Equipos Empleados

Se emplearon el equipo de soldadura por termofusión o cuña caliente y extrusión y estuvieron previstos de:

Reloj controlador de temperatura (digital)

Controlador de velocidad.

Equipos y elementos accesorios

- Generador eléctrico (220 V, 6,5 KVA como mínimo)
- Extensiones eléctricas (50 m. máximo y cable 12 AWG)
- Medidor de voltaje.
- Llaves Allen.
- Cortante con punta " pico de loro"
- Termómetro digital de contacto
- Paño de algodón
- Guantes

d. Acciones Previas

Antes de comenzar la soldadura se realizaron los siguientes pasos:

Verificamos que los equipos funcionan correctamente y tienen autonomía suficiente.

Medimos el voltaje a la salida del generador y a la llegada de la cuña con un voltímetro y aseguramos que el generador no esté inclinado.

Constatamos que se disponía de todas las herramientas y materiales necesarios para efectuar el trabajo sin contratiempos.

Determinamos el tipo de material y espesor de geomembrana a soldar.

Chequemos las condiciones ambientales imperantes.

Verificamos la temperatura de la lámina (0°C y 50°C) medida con un termómetro a 5cm. de la superficie de la lámina.

Antes de comenzar a ejecutar soldaduras en terreno, calibramos la cuña y ejecutamos las pruebas iniciales. El proceso de soldadura sólo se realizó una vez que las pruebas iniciales hayan sido ensayadas y aprobadas.

Anotamos los datos necesarios para Control de Calidad

e. Preparación para la soldadura.

Antes de soldar, realizamos un reconocimiento del área a soldar en toda su extensión en busca de condiciones conflictivas verificando los puntos siguientes:

Orientación de traslape con respecto al viento.

Ancho del traslape de la línea a soldar: 15cm. como máximo y 10cm. como mínimo.

Daños en el borde de la lámina producto de la descarga y transporte del rollo.

Presencia de arrugas.

Cambios superficiales en la superficie de apoyo, compactación, pendiente, humedad, etc.

Temperatura de la lámina al momento del despliegue y la temperatura a la cual se va a iniciar la soldadura.

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	Rev (1) MIN/RSC
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	



f. Soldadura por Fusión

Limpiamos la superficie de las láminas a soldar delante de la cuña con un paño de algodón limpio y seco.

Verificamos el traslapo, presencia de arrugas, aspecto de la soldadura, temperatura y velocidad de la cuña.

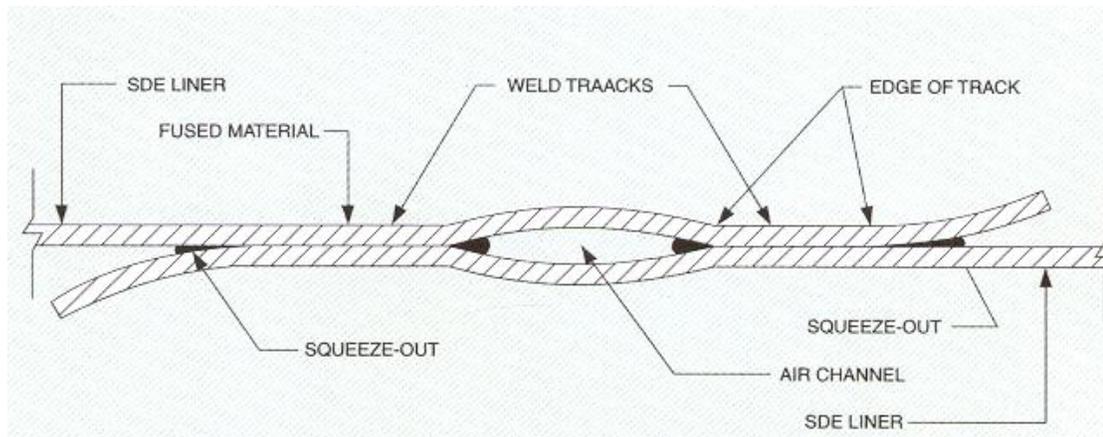
Nunca realizamos una soldadura con lluvia, humedad excesiva o película de agua sobre la lámina (rocío)

Evitamos soldar sobre arrugar que tienen formas y tamaños diferentes en la lámina superior y en la lámina inferior.

Mantuvimos la cuña alineada con la línea de soldadura..



 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	



Revisamos constantemente el desgaste de piezas, posición de la cuña, ajuste de rodillos y que no se doblen los ejes.

Durante la instalación de la geomembrana de HDPE Cidelsa colocho sacos resistentes rellenos de arena a lo largo y de forma continua, en todos los bordes con el fin de evitar el levantamiento de la geomembrana por la acción del viento. Estos sacos tenían un peso aproximado de 15 Kg. La distancia entre ellos no fue mayor de 2 m.

g. Soldadura por Extrusión

Este tipo de soldadura fue empleado específicamente para reparaciones de parchado y detalles especiales de diseño para los Proyectos.

Cidelsa utilizo dos tipos de Extrusoras:

- Máquina Extrusora marca COLUMBINE X3 GEO – año de fabricación 2002, la cual utiliza soldadura de carrete (welding rod 5.0mm. Y 4.0mm.)

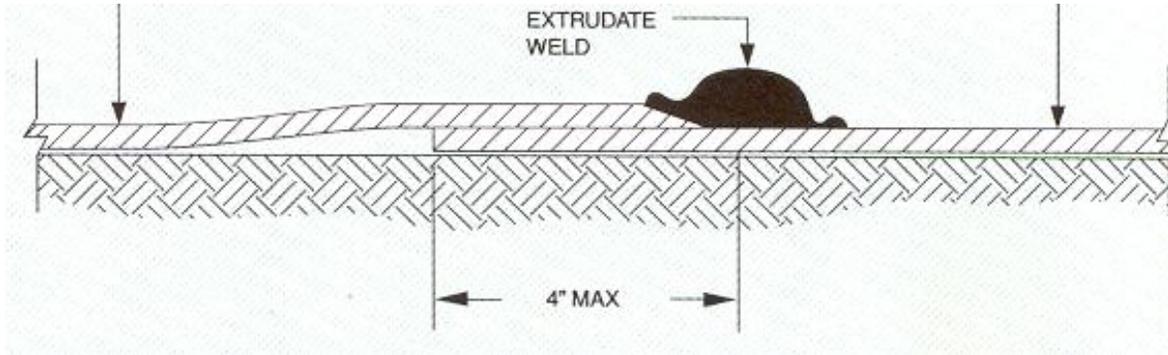
Máquina Extrusora marca COLUMBINE X2 GEO – año de fabricación 2002, la cual utiliza soldadura de carrete (welding rod 5.0mm. Y 4.0mm) Para realizar este tipo de soldadura

No fue imprescindible hacer pruebas de compatibilidad antes del inicio de cada proyecto por que trabajamos con soldaduras de HDPE fabricadas con la misma resina empleada en la geomembrana.

Cada parámetro pudo ser determinado por separado, pero la calidad de la soldadura dependio de la combinación apropiada de los tres parámetros de acuerdo al tipo de material, temperatura de la lámina y las condiciones ambientales.



 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	



La temperatura del extruido fue siempre la misma +/- pequeñas variaciones. La temperatura de precalentamiento o aire fue variable y se ajusto según la temperatura de la lámina.

RANGOS DE TEMPERATURA REFERENCIALES PARA SOLDADURA POR EXTRUSION		
MATERIAL	TEMPERATURA EXTRUIDO (°C)	TEMPERATURA PRE CALENTAMIENTO (°C)
HDPE	230-260	225-250
HDPE	230-260	225-250
HDPE	210-225	175-195

h. Recomendaciones de Seguridad

La soldadura puede causar quemaduras severas. Proteja sus manos con guantes y espere un tiempo prudente de enfriamiento. Al cortar la geomembrana siempre utilizar un cortante, guantes y sentido común.



 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

4.0 CONTROL DE CALIDAD

4.1 Del material a Emplear

Durante el control de calidad y aseguramiento de calidad cidelsa realizo una cuidadosa inspección de la geomembrana de HDPE. Además Solmax-El fabricante sometio a exigentes pruebas las materias primas para encontrar los estrictos requerimientos que se deseábamos alcanzar. Para la aprobación de la geomembrana de HDPE emitimos los certificados de Control de Calidad de cada rollo para proceder con la instalación (ver anexo).

4.2.1 De los Equipos de Soldadura

Todos los equipos de soldadura contaron con los certificados de calidad correspondientes autorizados por el proveedor y una entidad independiente encargada de calificar el equipo y material. Los equipos por transmitir calor y generar el material en forma de extruído contaron con un control de temperatura para asegurar apropiadamente su medición durante la soldadura.

4.3 Calibración de Equipos de Control de Calidad:

La calibración de equipos utilizados en las pruebas de control de calidad: tensiómetros, manómetros, vacuómetros; estuvieron garantizados por los Certificados de Calibración emitidos por una institución externa reconocida.

Además se siguió el siguiente procedimiento.

- Se obtuvieron muestras de patrones certificados para el caso de manómetros y vacuómetros.
- Se ensayaron muestras en los tensiómetros, comparando los resultados con los obtenidos con las muestras comunes, en caso de coincidencia o similitud se dio por aceptada la correcta calibración del tensiómetro, en caso contrario se procedio a su reparación y reprueba hasta obtener su correcta calibración o en su defecto desechados del proyecto.
- En el caso de los manómetros y vacuómetros se los coloco en serie con el manómetro o vacuómetro garantizado con su certificado de calibración y/o garantía (Patrón de medida), aquellos manómetros o vacuómetros que registraron valores coincidentes o similares se dieron por aceptados, en caso contrario fueron reparados y reprobados hasta obtener su correcta calibración o en su defecto desechados del proyecto.



 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

4.4 ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

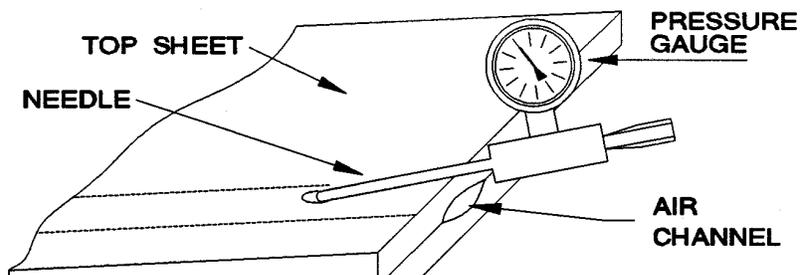
El propósito de los ensayos no – destructivos fue verificar la conformidad o hermeticidad de la soldadura y fueron efectuados en forma permanente y de acuerdo con el avance de los trabajos. Estas pruebas no reemplazaron a las pruebas destructivas.

Prueba de Presión de Aire

La prueba de presión de aire fue realizada sobre juntas soldadas por fusión. Para ello, la soldadura de Cuña caliente dejo un canal de aire donde se aplico la prueba.

El equipo constituía de lo siguiente:

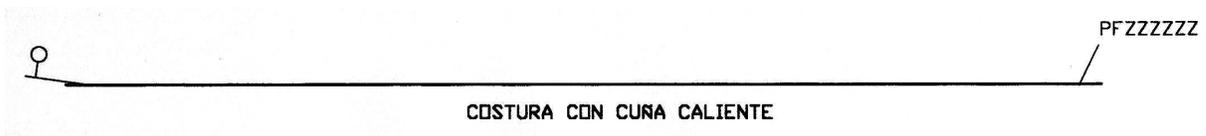
- Motor o tanque de aire capaz de producir una presión máxima de 35 PSI en el canal de junta.
- aguja hueca para insertar aire dentro del canal de la junta.
- pistola de aire caliente para sellar los extremos del canal de aire.



El procedimiento fue el siguiente:

Sellamos ambos extremos del canal de aire de la junta a ser probada con una pistola de calor denominado lister hasta sellarlo totalmente.

Luego insertamos la aguja dentro del canal de aire en uno de los extremos de junta. Aplicamos aire a presión entre las dos costuras. La presión utilizada fue de 35 PSI



 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO		Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE		
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.		

Las presiones utilizadas son mostradas a continuación en la siguiente tabla.

Espesor de lámina HDPE Y LLDPE		Rango de presión		Decaimiento de presión después de cinco minutos
		Mínimo	Máximo	
Milésimas de pulgadas	Mm	(kPa)/Psi	(kPa)/Psi	(Kpa)/Psi
40	1.0	193/28	241/35	21/3
60	1.5	193/28	241/35	21/3
80	2.0	193/28	241/35	21/3
100	2.5	193/28	241/35	21/3

Descripción

La presión inicial se lee 2 minutos después de llenar la costura de aire. Estos 2 minutos son para permitir que la temperatura del aire dentro de la costura se estabilice. La presión final se lee 5 minutos después que la temperatura se estabilizó. Si el ensayo ha sido exitoso, es decir, no existe fuga se pincha el extremo de la costura opuesto a la ubicación de la aguja para asegurarse que salga el aire y que no ha habido un bloqueo, en caso contrario, ubicamos el bloqueo, cortamos, y una vez localizado es reparado. La costura es reensayada.

La diferencia entre las dos lecturas es más 2 psi la junta necesita ser reensayada.

Una vez terminada la prueba el resultado del ensayo se anota a un lado de la costura, el cual se deberá archivar y remitir al equipo de aseguramiento de calidad de MEL. Esta prueba se realiza en cada junta por fusión y a solicitud de la supervisión.

Procedimiento de una Junta Fallada por Prueba de Aire

- Reposición de aparatos para reprobar la misma sección.
- Mientras el canal de aire está bajo presión recorreremos el largo de la junta y escuchamos por el agujero.
- Mientras el canal de aire de la junta está bajo presión, aplicamos la solución de jabón al filo de la junta (no retirar el traslape) y observamos las burbujas formadas por el aire que escapa.
- Reensayamos progresivamente la junta en intervalos más pequeños, (1/2, 1/4, 1/8, etc) hasta que el área de agujero sea identificada.
- Reparamos el área del agujero con soldadura de extrusión (**parches**) y realizamos la prueba de vacíos.
- En áreas donde el canal de aire esta cerrado y el total de la soldadura es sospechosa, la prueba de vacuum es aceptable.

Prueba de Vacío

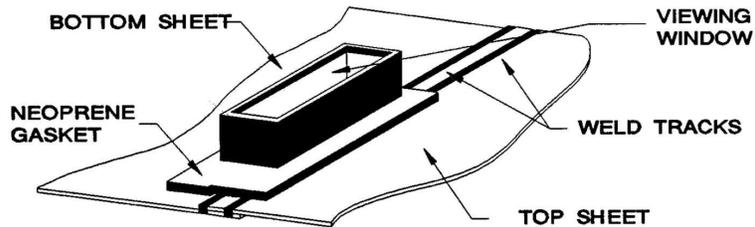
La prueba de vacíos se ejecuto sobre las soldaduras de extrusión (soldadura con material de aporte). Esta prueba no destructiva fue realizada en cada parche y lugar donde fue necesario o criterio de la supervisión.

El equipo constaba de una caja de material apropiado con la cara superior transparente, medidor de vacíos (vacuómetro), bomba de succión, base con material adherente) y solución jabonosa. Se seguirá el siguiente procedimiento:

- Antes de ensayar aseguramos que la costura no tenga un traslape excesivo y de que cualquier esquina suelta esté recortada.

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

- La unión a ensayar estuvo limpia, exenta de polvo y libre de restos de geomembrana u otro material que pudiera alterar el ensayo.
- Preparamos una solución adecuada de agua y jabón detergente. Procedimos a humedecer una sección de la junta con la solución jabonosa utilizando una escobilla.
- Ubicamos la parte transparente de la caja de vacíos sobre el área mojada y aplicar el peso del cuerpo para formar una junta entre la cinta de sello de la caja y el recubrimiento, de tal manera que la junta este al centro.
- Evacuamos el aire para crear una presión negativa entre 21Kpa y 34Kpa (promedio 5 psi). Sostuvimos la presión mínimo 15 segundos.
- Observamos la junta a través de la parte transparente de la caja, cualquier fuga fue evidente porque formo burbujas con el agua de jabón.
- Cuando no hubieron burbujas, reubicar la caja sobre la siguiente área húmeda para probarla con un ligero traslape (4").
- Al detectar las burbujas que indicaba un agujero en la soldadura marcamos el área para su reparación y reensayo.
- Registramos los resultados obtenidos de la prueba anotando: la fecha, hora y resultado



Una vez registrados los resultados se alcanzo al supervisor de control de calidad de terreno para que fuese procesado y remitido al equipo de aseguramiento de calidad de Minera Aurex.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

Pre Weld (Pre Soldadura)

Diariamente antes de comenzar y durante el proceso de soldadura, se realizo una prueba de pre-soldadura, la cual fue ensayada y aceptada usando los criterios especificados para el proyecto.

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

La pre-soldadura se realizó sobre probetas de un tamaño apropiado de geomembrana, para verificar que las condiciones de soldadura y procedimientos sean los correctos. A cada Pre-soldadura se le asignó un número y el resultado de la prueba fue registrado, archivado y remitido al equipo de control de calidad y a Minera Aurex en un formato aprobado.



La Pre-soldadura lo realizó cada técnico soldador con su respectivo equipo de fusión y extrusión. Se realizó bajo las mismas condiciones de materiales y técnicas de soldadura que se usaron durante la instalación en terreno.

La misma frecuencia para obtener muestras de campo por máquina o equipo en operación fue:

*Antes de comenzar las operaciones de soldadura de las costuras.

*Después de 5 horas de operación continua (una en la mañana y otra en la tarde).

*Después de reparar una máquina o transferido a otra área de trabajo.

*Cada vez que un técnico diferente

usaba el equipo o se cambiaba el rollo de soldadura en el caso de la máquina de extrusión.

*Cuando fue requerido por el supervisor de control de calidad de terreno.

Los especímenes de ensayo de pre-soldadura de fusión y extrusión tuvieron un ancho mínimo de 300mm. y un largo mínimo de 1000mm. En la lámina de HDPE se anotó: fecha y hora de soldadura, temperatura ambiente, número de máquina, temperatura y nombre del técnico soldador (por cada 5 horas)

Se debe cortar cinco cupones (1 plg. de ancho por 8 plg. de largo) para realizar el ensayo de "Despegue" (Peel) y cinco para el ensayo de "Corte" (Shear) para la soldadura por extrusión y fusión. Los cupones extraídos fueron ensayados por el contratista usando un Tensiómetro que cumpla con las especificaciones del proyecto, (velocidad de prueba 2 pulgada/min y Carta Certificada de Calibración), el cual fue verificado y calibrado todos los días antes de comenzar con los ensayos. Antes de ejecutar los ensayos se verificó que el espesor de los cupones (geomembrana) haciendo uso del calibrador (pie de rey). Los cupones fueron de una pulgada de ancho y ocho pulgadas de largo. Todos los cupones de shear y peel probados igualaron o excedieron los requerimientos mínimos de resistencia y tipo de falla de la geomembrana.

Destructivas

A diferencia de los Ensayos No Destructivos, estos ensayos permitieron determinar las características mecánicas de las uniones, pero no indicaban si la unión es hermética. Los ensayos destructivos se realizaron en lugares seleccionados por el supervisor.

Ubicación y Frecuencia

La frecuencia de ubicación fue de un testigo por cada 150 metros lineales de junta sellada (por fusión o extrusión por cada equipo) o a petición del supervisor. Se obtuvieron muestras de todas las soldaduras de campo y de todas las reparaciones (parches). Las muestras obtenidas fueron perpendiculares a la costura.

Tamaño de los Especímenes.

Un testigo tuvo las siguientes dimensiones 1000mm. de largo por 300mm. de ancho.

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

Identificación de Especímenes.

Los especímenes fueron marcados e identificados con un sistema apropiado: número de destructiva, nombre del técnico soldador, temperatura ambiente (opcional), nº de máquina, temperatura de máquina, velocidad de máquina, fecha de soldadura, hora de soldadura y tipo de geomembrana.

Descripción.



De la muestra se cortaron 10 probetas (testigos) de 1" de ancho por 8" de largo. Las primeras cinco probetas fueron sometidas a ensayo dimensional para comprobar espesores tanto en la lámina superior como en la inferior utilizando un Vernier. Estas probetas fueron para el Ensayo de Desgarre (Peel). En caso de testigos de soldadura por termofusión, este ensayo se efectuó por ambos lados de la probeta.

Las restantes cinco probetas, fueron sometidas al Ensayo de Corte (Shear). Las Probetas extraídas fueron ensayadas por el instalador utilizando un tensiómetro que cumpla con las

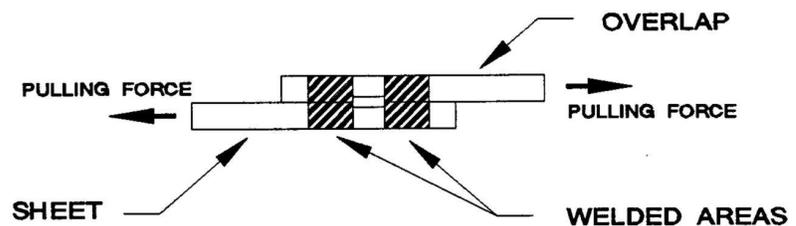
especificaciones del proyecto, (velocidad de prueba 2 pulg. /min.)

Ensayo de Corte (Shear)

Tipo de rotura: FTB

Las cinco probetas cumplen con la resistencia mínima requerida.

La resistencia mínima requerida se calcula en base al 90% de la resistencia del material base.

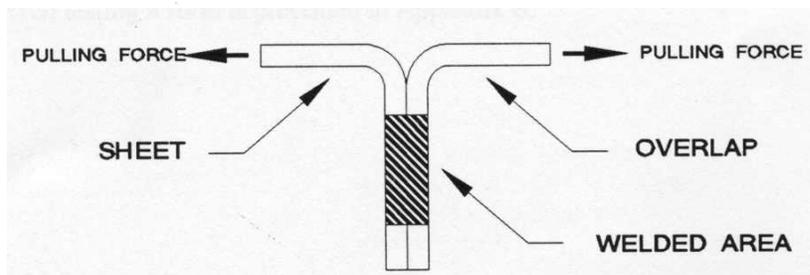


Ensayo de Desgarre (Peel)

Tipo de Rotura: FTB

Las cinco probetas cumplen con la resistencia mínima requerida.

La resistencia mínima requerida se calcula en base al 70% de la resistencia del material base en caso de soldaduras por Termofusión (Cuña Caliente) y de un 60% del material base en caso de soldaduras por extrusión.

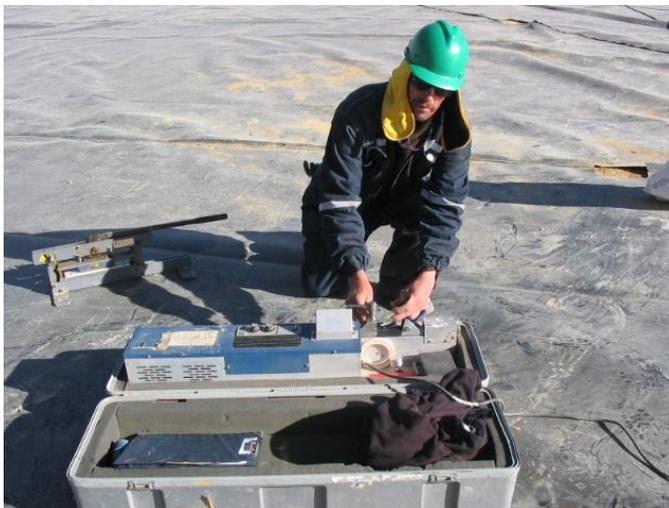


 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

El Ensayo Destructivo se considera aprobado si cumple con los criterios de aceptación. En caso de no cumplir con los criterios de aceptación se siguió el siguiente procedimiento:

- Se extrajeron muestras adicionales del mismo tamaño a una distancia no mayor de 3m de la muestra sacada en ambas direcciones. Estas nuevas muestras fueron ensayadas de la misma manera que la muestra original y verificamos su aceptación o rechazo. En caso que fallaron, se repitió el procedimiento hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Una vez que el ensayo fue aprobado de acuerdo al criterio de aceptación, se reparo la zona intervenida utilizando un reemplazo de junta con un cap y sus respectivos parches y control de calidad. Las reparaciones mediante la aplicación de cordones de soldadura sobre la soldadura existente no estaba permitida.
- Estas nuevas uniones fueron sometidas a los mismos ensayos, tanto no destructivos como destructivos para garantizar la calidad de los trabajos.
- Los Ensayos Destructivos fueron identificados y registrados tanto en la geomembrana como en los Protocolos correspondientes.

Ensayo de "Strain Test"



El Ensayo denominado "Strain Test" (Prueba de Deformación o Elongación), permitió determinar el porcentaje de deformación de la lámina HDPE y se efectuó en forma simultánea con el ensayo de corte (Shear) de las pruebas destructivas. El procedimiento a seguir fue el siguiente:

- La probeta midió 8 pulgadas de largo y 1 pulgada de ancho.
- La distancia entre los clamps del Tensiómetro fue definida por: 4 pulgadas (10 cm.) más el ancho de la junta soldada. La junta soldada estuvo centrada entre los clamps.
- La tasa de separación de los clamps para geomembranas fue de 2 pulgadas / minuto.
- Se mido y se registro la distancia entre los clamps antes de aplicar la tensión (medida inicial)
- Iniciamos el Ensayo de Corte (Shear), para lo cual se aplico la tensión a la velocidad indicada hasta que suceda la condición:
 - Ruptura de probeta de geomembrana en ensayo (testigo)
 - Elongación de la probeta hasta igualar la capacidad de desplazamiento del tensiómetro.
- En el momento que se cumplio cualquier condición descrita, se midió y se registro la distancia entre los clamps (medida final).

Luego se dedujo el porcentaje de strain aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ strain} = \frac{(\text{medida final} - \text{medida inicial}) \times 100}{\text{Medida inicial}}$$

Criterio de Paso o Falla.

Las muestras ensayadas cumplieron con su valor mínimo de acuerdo al espesor y con el tipo de falla "Film Tear Bond" (FTB), esto es muy importante ya que en el caso de una integración completa

 Comercial Industrial Delta S.A. INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	INFORME DE TRABAJO	Rev (1) MIN/RSC
	Procedimiento Instalación y Control de Calidad de la Geomembrana de HDPE	
	Obra: "Impermeabilización de Cancha de Relaves". CIA MINERA AUREX S.A.	

existe una conexión continua a través de la costura. No existe interfase entre la soldadura y las hojas de geomembrana.

5.0 Reparaciones de la Geomembrana

Cidelsa y el supervisor realizaron una inspección final de las uniones buscando defectos, agujeros, burbujas, materia prima no dispersada, o signos de contaminación por materiales extraños. El supervisor indico, en algunos casos, limpiar la superficie de la geomembrana y las soldaduras para facilitar la inspección. Una vez ubicada el área a ser parchada se marco notoriamente con una descripción del tipo de reparación requerida.

El parche de reparación se extendió 15cm. En todas direcciones desde el orificio a reparar.

El parche fue ovalado o bien rectangular pero siempre tuvo las esquinas redondeadas con un radio de 10cm. como mínimo. Este procedimiento se realizo, también, para todo parche producto de la extracción de muestras de control de calidad. Las reparaciones de agujeros menores a 5mm fueron selladas por aporte de material virgen mediante el uso de la máquina extrusora.

Todas las reparaciones fueron documentadas por

Cidelsa como parte integral del procedimiento de control de calidad.



6.0 Planos As-Built

Fue responsabilidad del Instalador elaborar un juego de planos as-built o de registrarlos, los cuales se realizaron durante el transcurso de la construcción. Estos fueron ubicados con precisión todos los ítems de la construcción, que incluyeron la extensión y espesor de los componentes del sistema de revestimiento. El supervisor proporciono todos los mapas base que se necesitaron para desarrollar los planos del registro, siendo enviados estos últimos en primera instancia a su representante en campo para que los revise y apruebe dentro de dos semanas luego de terminar cada fase de construcción y luego remitidos en forma final (revisada) al supervisor después de recibir e incorporar los comentarios del representante en campo. Cidelsa preparo toda la documentación as-built durante la culminación del Trabajo como se requirieron en las especificaciones.