



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“Ejecución, desarrollo y puesta en marcha de un sistema de ventilación en una mina de fluorita, en el municipio Villa de Zaragoza, San Luis Potosí”**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA**

**P R E S E N T A**

**Bernardo Pereira Camacho**

**ASESOR DE INFORME**

Mtro. Gabriel Ramírez Figueroa



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

<b>RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>I. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>4</b>
<b>II. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>8</b>
<b>IV. GEOLOGÍA, EXPLORACIÓN Y RESERVAS.....</b>	<b>9</b>
<b>V. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES; ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE VENTILACIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>VI. NORMATIVIDAD, METODOLOGÍA Y ANÁLISIS.....</b>	<b>23</b>
<b>VII. DESARROLLO DEL PROYECTO, CÁLCULO Y APLICACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>VIII. INSTALACIÓN, AJUSTES Y PUESTA EN MARCHA DEL VENTILADOR.....</b>	<b>43</b>
<b>RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>
<b>PLANO 01 TAPÓN EN CHORRO # 2, NIVEL 140.....</b>	<b>65</b>
<b>PLANO 02 PUERTAS REGULADORAS EN NIVEL 180.....</b>	<b>66</b>
<b>PLANO 03 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.....</b>	<b>67</b>
<b>PLANO 04 PROYECTO LUMBRERA NW PLANTA.....</b>	<b>68</b>
<b>PLANO 05 PROYECTO LUMBRERA NW SECCIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>PLANO 06 PROYECTO LUMBRERA CENTRAL SECCIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>PLANO 07 PROYECTO LUMBRERA CENTRAL PLANTA.....</b>	<b>71</b>
<b>PLANO 08 PROYECTO NIVEL 300 GALERIA PERIMETRAL.....</b>	<b>72</b>
<b>PLANO 09 DISEÑO DE VENTILADOR SPENDRUP 500 HP.....</b>	<b>73</b>

## RESUMEN

El presente trabajo expone el desarrollo de las actividades profesionales realizadas, como Ingeniero de Planeación de Mina, durante la prestación de servicios en la compañía minera en el periodo comprendido del 2008 al 2015 en el departamento de Planeación e Ingeniería.

Desde la contratación, uno de los objetivos encomendados consistió en el desarrollo, ejecución y término de un proyecto de ventilación para mejorar las condiciones atmosféricas en las que se encontraba la mina, por lo cual se contactó a un asesor para evaluar las condiciones de ventilación de la mina y generar un proyecto integral.

Una vez entregado el análisis de ventilación de la mina y dadas las recomendaciones pertinentes, se procedió con el desarrollo y seguimiento del proyecto en todas sus facetas desde la selección del equipo que sería instalado, actualización topográfica para la ubicación de la lumbrera, diseño e ingeniería de las instalaciones, infraestructura y servicios. Además de dar seguimiento a todas las obras civiles y mineras durante el transcurso del mismo, se participó activamente con todos los departamentos y contratistas involucrados.

Como Ingeniero de Planeación se participó en el desarrollo de los cálculos y simulaciones necesarias para el control y proyección de la ventilación, así como los balances de flujo para emitir recomendaciones y mejoras al área operativa.

Finalmente, a lo largo de estos años de trabajo se culminó con el objetivo de mejorar de manera sustancial la ventilación de la mina, superando las expectativas y entregando un trabajo de calidad, con resultados reales y tangibles.

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron retos complejos para los cuales se tuvieron que tomar decisiones inmediatas para no detenerlo, tales como fallas geológicas, falta de personal, tiempos de entrega y falta de presupuesto. A pesar de estos problemas, se cumplió con el objetivo, culminando con un sistema integral de ventilación que mejoró indiscutiblemente las condiciones ambientales de la mina en beneficio del personal que en ella labora.

Con gran orgullo se preparó este trabajo escrito que busca transmitir la pasión y el compromiso a las nuevas generaciones con una gran satisfacción por el logro alcanzado a través de seis años de esfuerzo y dedicación.

## INTRODUCCION

El yacimiento de fluorita denominado "Las Cuevas" fue descubierto accidentalmente en el año de 1953 por un gambusino. En un principio su aprovechamiento consistió en la recolección del mineral de muy alta ley. En 1957 la compañía Canadiense Noranda, adquiere a la compañía minera. En 1968 la Cía. Noranda vende el 51% de la empresa a inversionistas mexicanos. De 1986 a 2004 Grupo Industrial CAMESA tomó el control de la Compañía minera. En 2006 Grupo Industrial CAMESA y Química Flúor se fusionan, convirtiéndose en una sola unidad de negocio de distribución y minado de fluorita. De 2010 a 2019 la compañía minera mantiene un crecimiento constante creando un conglomerado mexicano internacional.

La unidad minera está ubicada en la porción central del estado de San Luis Potosí; 50 km. al SE en línea recta de la capital del estado del mismo nombre, dentro del municipio de Villa de Zaragoza y en las inmediaciones del poblado de La Salitrera, a una altitud de 1878 m.s.n.m.

El sistema de explotación es subterráneo y se lleva por el método de HUNDIMIENTO POR SUBNIVELES CON BARRENACION LARGA. Es un sistema altamente productivo, seguro, de bajo costo, buena recuperación de mineral y menor dilución.

El Ingeniero de Planeación de Minas es el encargado de planear y dar seguimiento a los estándares de calidad requeridos por la producción de la mina, planta de beneficio y trituración.

También es responsable de elaborar programas de operación, proyectos de obra minera de preparación y desarrollo, proyectos para las instalaciones y servicios mineros, control y supervisión a contratistas de obra minera, cálculo y diseño de plantillas de barrenación para las obras de preparación y desarrollo así como el diseño de barrenos de producción, buscando siempre la mejora continua en cada una de acciones anteriormente mencionadas.

En el momento en que se inicia el desarrollo del proyecto de ventilación, la producción de la mina se generaba en los niveles 240, 280, 300 y preparación del nivel 320, se contaba con la operación de la antigua lumbrera NW que empezaba a resultar insuficiente, motivo por el cual fue necesario desarrollar una nueva lumbrera que atendiera los siguientes sectores:

- Las necesidades ventilación del sistema de explotación
- La ventilación del nuevo cuerpo geológico denominado H
- El incremento en el factor de resistencia en el flujo de aire
- El crecimiento y la profundización de la mina.
- Las limitaciones del ventilador principal localizado en la lumbrera NW

Desde el inicio del proyecto de ventilación, los objetivos fueron claros, el desarrollo, ejecución y término de un proyecto para mejorar las condiciones en las que se encontraba la mina, de tal manera que se contactó a un asesor para la evaluación de estas; y generar en conjunto un proyecto integral de ventilación, una vez entregado el análisis, se procedió con el desarrollo y seguimiento del proyecto en todas sus facetas: selección de equipo, actualización topográfica, diseño e ingeniería de las instalaciones, infraestructura y servicios, seguimiento a obras civiles y mineras; adicionalmente, se desarrollaron los cálculos y simulaciones necesarias para el control y proyección de ventilación mina.

## **I. DESCRIPCION DE LA EMPRESA**

### **DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES DEL NEGOCIO**

La compañía minera es una empresa dedicada a la extracción y beneficio de minerales de fluorita; comercializa sus productos en dos presentaciones: grado metalúrgico, utilizado en la industria del acero, vidrio, cemento y cerámica, y el concentrado grado ácido, considerado estratégico para la fabricación del ácido fluorhídrico.

Descubierto accidentalmente por gambusinos en 1953, el yacimiento de fluorita se ubica en el poblado de la Salitrera del municipio de Villa de Zaragoza, San Luis Potosí. A inicios de 1957 comenzó formalmente la explotación del yacimiento por la compañía minera Las Cuevas. En 1986 Grupo Industrial Camesa toma el control de las operaciones de la compañía, en 2006 se fusionan la minera Las Cuevas y Química Flúor dando origen a la compañía minera. En 2010 arranca la adquisición de empresas relacionadas con el mercado del flúor, para convertirse en el primer productor de fluorita y ácido fluorhídrico a nivel mundial. En 2019 la compañía minera crea un conglomerado mexicano internacional y genera una estrategia de reestructura y reorganización cambiando su razón social con respecto al entorno global.

### **CULTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA**

#### Visión

“Ser respetada y admirada mundialmente como una compañía química, enfocada en generar resultados, contribuir al progreso y mejorar la vida de las personas.”

#### Misión

“Brindar productos, servicios y soluciones innovadoras, para los diversos sectores industriales, a través de nuestra excelencia operativa y enfoque en las necesidades del mercado, con el propósito de generar valor continuo para nuestros clientes, colaboradores, socios, accionistas y comunidad, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la gente.”

#### Valores

“liderazgo, responsabilidad, compromiso, orientación a resultados, integridad y seguridad.”

## II. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

### IDENTIFICACIÓN GENERAL DEL PUESTO DE TRABAJO

A continuación se muestra la descripción del puesto de trabajo generado por la empresa y las responsabilidades, tareas y obligaciones como ingeniero de planeación de minas.

Identificación del puesto

Nombre puesto tipo	<i>Ingeniero de Planeación</i>	# catálogo de puesto		03	
Cadena	<i>Cloro Vinilo</i>	<i>Flúor x</i>	<i>Productos transformados</i>	<i>Oficinas staff</i>	
Dirección	<i>Flúor</i>				
Gerencia	<i>Planeación</i>	<i>Planta</i>		<i>Mina san Luis</i>	
País	<i>México</i>				
Alcance geográfico	<i>San Luis Potosí</i>				
Reporta a	<i>Superintendente de Planeación</i>				

Propósito general (¿para qué existe el puesto?)

Planear y dar seguimiento a los requerimientos de producción de mina, planta de beneficio y trituración, cumpliendo con los estándares de calidad implantados mediante el sistema ISO 9001: 2008

Retos y problemática del puesto

Mantener información actualizada para dar continuidad a la planeación de la producción de mina

Principales responsabilidades/ finalidades (¿qué, cómo y para qué)

1.- Elaboración del programa de operación

2.- Elaboración de proyectos, obras mineras de preparación y desarrollo

3.- Elaboración de proyectos para instalaciones mineras como: estaciones de quebrado, estación de cartuchos, etc.

4.- Control y supervisión a contratistas de obra minera, trabajos en tiros, estaciones de quebrado, estación de cartuchos, etc.
5.- Cálculo y diseño de plantillas de barrenación para las obras de preparación y desarrollo
6.- Cálculo y diseño de plantillas de barrenación para abanicos de producción
7.- Elaboración de proyectos para plantas de beneficio y trituración
8.- Búsqueda de una mejora continua en el sistema de minado
9.- Uso adecuado del equipo de protección personal

Relaciones internas (áreas con las que interactúa, cuál es el propósito de dicha interacción)

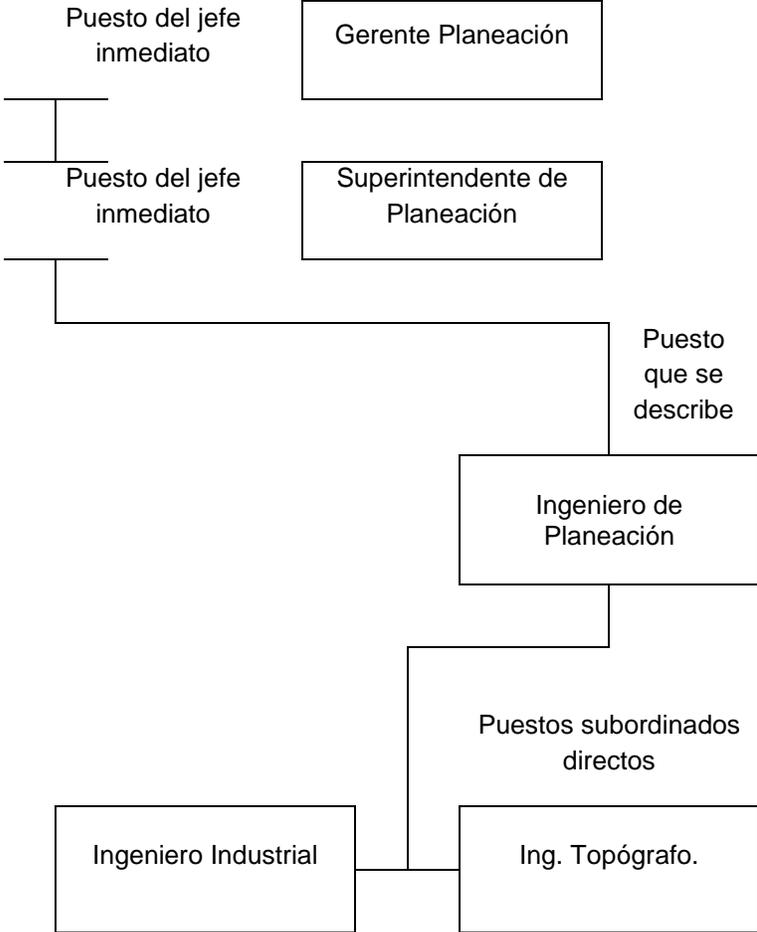
¿Con quién?	¿Para qué?
Superintendente de Planeación	Reporta la elaboración, diseño de proyectos, así como los avances de los mismos
Superintendente de Mina	Coordina la continuidad de la planeación de la mina
Geología	Se apoya con la información geológica para la planeación de la mina
Gerente de Planeación	Reportar los avances de los proyectos

Relaciones externas (áreas/empresas/actores con los que se interactúa, especificar cuál es el propósito de dicha interacción)

¿Con quién?	¿Para qué?
Contratista minera	Coordinación de los trabajos en los proyectos
Proveedores de insumos, maquinaria y equipo	Cotización y presupuestos de maquinaria y equipo
Asesores técnicos	Asesoría en la realización de proyectos y actividades varias

**ORGANIGRAMA DEL PUESTO DE TRABAJO**

El puesto de trabajo, se ubica en el organigrama de la Gerencia de planeación que se presenta a continuación, (véase Ilustración 1).



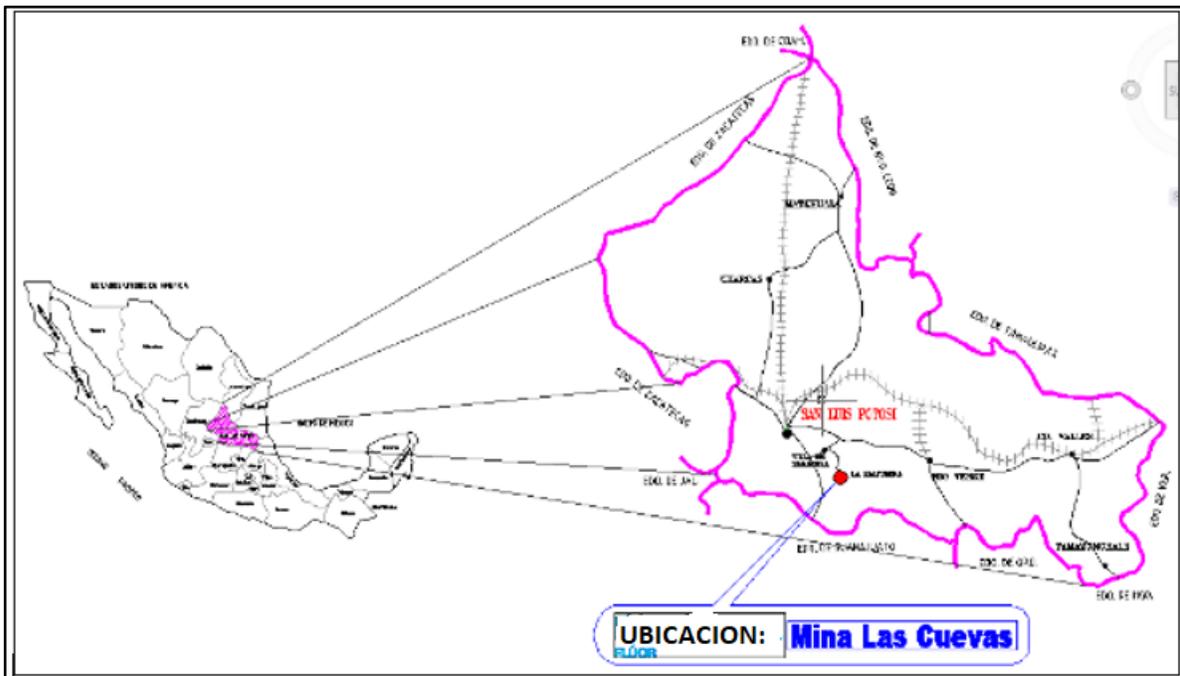
*Ilustración 1 Organigrama (Fuente, Gerencia de Planeación, 2012)*

### III. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La compañía minera se encuentra ubicada en la porción central del estado de San Luis Potosí, a 50 km al SE en línea recta de la capital del estado del mismo nombre, dentro del municipio de Villa de Zaragoza; en las inmediaciones del poblado de La Salitrera a una altitud de 1878 m.s.n.m.

Sus coordenadas geográficas son 21° 56' 25" Latitud Norte y 100° 34' 25" Longitud Oeste.

De la ciudad de San Luis Potosí a la unidad minera existen dos accesos, el primero por la carretera federal 57 tomando la desviación a Villa de Zaragoza para enseguida continuar a la unidad minera con una distancia de 60 km, el segundo acceso es por medio de la carretera federal 86 San Luis Potosí – Cd. Valles tomando desviación a Villa de Zaragoza, para después continuar a la unidad minera con una distancia de 56 km, (véase ilustración 2).



*Ilustración 2 Localización geográfica (Olalde G, 1999)*

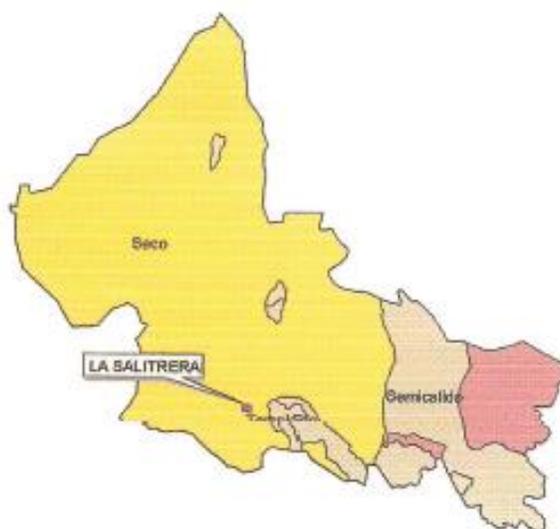
## IV. GEOLOGÍA EXPLORACIÓN Y RESERVAS

### FISIOGRAFÍA

El área se encuentra localizada en la provincia de la Sierra Madre Oriental, subprovincia Carso Huasteco y la Mesa Central dentro de la subprovincia de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato.

### CLIMA

La zona se localiza entre los índices de clima seco, donde se presentan dos tipos de clima semiseco, con un cociente mayor de 22.9° C, y templado con verano cálido y una temperatura media anual entre 12° y 18° C, en la temporada invernal la temperatura oscila entre -3° y 18°C, la precipitación total anual va de 400 a 600 mm, (véase ilustración 3).



*Ilustración 3. Clima en San Luis Potosí (Olalde G, 1999)*

### MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Esta información fue proporcionada por el departamento de geológica de la empresa. En el marco geológico regional del área, existen dos elementos paleogeográficos del Mesozoico definidos como la Plataforma Valles-San Luis Potosí al oriente y la Cuenca Mesozoica del Centro de México al poniente.

Plataforma Valles-San Luis Potosí.

Caracterizada por depósitos evaporíticos del Aptiano, correspondientes a la formación Guaxcamá, y por calizas arrecifales, de la formación El Abra o Doctor del Albiano – Cenomaniano. La formación Doctor está constituida por calizas y dolomitas intercaladas con lentes delgadas de arcillas y pizarra. Los estratos de esta formación tienen un rango que va de 300 a más de 1,000 m de espesor. Transicionalmente la formación Doctor está en contacto con la formación Soyatal la cual tiene un rango de espesor de 10 a 224 m y consiste de calizas arcillosas rojizas intercaladas con lutitas calcáreas de edad cretácico superior.

#### *Cuenca Mesozoica del Centro de México*

En la Cuenca Mesozoica del Centro de México, los sedimentos marinos son de mayor profundidad, correspondiendo a las formaciones Tamaulipas, Cuesta del Cura, e Indidura, y terminando con el Flysh de la formación Caracol. Esta región, al ser levantada por la compresión Laramídica, durante fines del Paleoceno y el Eoceno tardío, provocó que el material erosionado se depositara en cuencas aisladas dando lugar a una molasa continental de conglomerados, arenas, limos y arcillas de la Formación Cenicera, equivalente a la serie de conglomerados rojos de Guanajuato, Zacatecas y Zimapán.

Durante el Eoceno Tardío, un periodo de volcanismo precoz generó aislados derrames andesíticos (44 m.a.) de poco espesor. No es sino hasta el Oligoceno (31 m.a.), en que en un periodo de 4 m.a. (hasta los 26.8 m.a.) produjo un paquete volcánico, en su mayoría félsico, de más de 1000 m de espesor, el que se ha dividido en los campos volcánicos de San Luis y de Río Santa María, siendo en este último, donde se alojan los depósitos de fluorita.

Este vulcanismo oligocénico finaliza con un magmatismo bimodal, con basaltos suavemente alcalinos, que probablemente lleguen hasta el Mioceno medio.

Después de un hiatus, aparecen esporádicamente en el Cuaternario, basanitoides, basaltos alcalinos y piroclásticos, con nódulos de rocas ultramarinas del manto superior y de metamórficas de la base de la corteza.

### **GEOLOGÍA LOCAL**

La Caldera de Milpa Grande, ocupa la mayor parte del área, teniendo como rocas pre-caldera, aislados y delgados derrames de andesitas toleíticas de K moderado, de 30.6 +- 0.4 m.a. y en la porción nororiental un estrato volcánico de composición dacítica. Sobre estas rocas se suceden los voluminosos flujos de ceniza riolíticos de El Órgano y Santa María (29.1 +- 0.3 m.a.) iniciándose el colapso de la caldera, dando como resultado espesores gruesos dentro de ella y más delgados hacia afuera. Sigue el relleno de la caldera por la serie Potrerillo, que es predominantemente dacítica en su miembro inferior y andesítica en su miembro superior. El primero logró rebasar el borde de la caldera en su parte W, SW y SE, llegando hasta la porción NW de la hoja El Realito.

En la margen SE de la Caldera, se aloja un intrusivo de composición granítica, con tendencia a la alcalinidad (intrusivo Palo Verde), que intrusiona a la Ignimbrita Santa María, y que tiene algunos xenolitos de la caliza, a los cuales convierte en mármol con vetillas y lentes de skarn de reacción, cuyo mineral más abundante es la Cuspidina ( $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_2$ ), presentando además un poco de fluorita.

También existen una serie de domos riolíticos posteriores al Intrusivo Palo Verde.

Salvo las andesitas toleíticas, las demás rocas son calcoalcalinas ricas en K, todas son subalcalinas, excepto el Intrusivo Palo Verde, ligeramente alcalino se encontró evidencias de mezcla de magmas

provenientes del manto y de la corteza, cuyo producto es la serie Potrerillo. Provenientes del NW y W, los derrames dacíticos y andesíticos de la Serie Potrerillo, rellenaron la Caldera de Milpa Grande y se extendieron al NW de la Hoja El Realito, cubriendo a las formaciones anteriores y coronando las partes altas de la zona.

La Orogenia Larámide formó en los sedimentos marinos una serie de plegamientos de rumbo NW, así como fallas y fracturas longitudinales y transversales, llegando incluso a cabalgar a la Formación Doctor sobre la formación Soyatal, en el área de la mina.

Las fallas de deslizamiento lateral izquierdo se consideran como fallas reactivadas de la Orogenia Larámide. Las fallas normales de la zona de estudio son de rumbo NW-SE y se buzan al SW producto de una fase distensiva al final de la Orogenia. Las principales son: Falla Las Cuevas, Falla El Ranchito, La Labor y El Pastle. La tectónica del terciario es eminentemente extensional, dando como resultado una serie de fracturas y fallas normales, de rumbo NW.

## **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

El control estructural principal son fallas normales de alto ángulo con rumbo NW, poniendo en contacto a la caliza Dr. con las rocas volcánicas. De acuerdo a la temperatura de homogenización de inclusiones fluidas esta varía de 60 a 130°C, la mayoría de ellas a los 80°C.

Estas inclusiones se encuentran en la Fluorita que rellena espacios abiertos en las zonas ya reemplazadas, y por lo tanto presenta la última etapa de mineralización. Las salinidades son muy bajas, del orden de 0 a 3 % equivalentes de NaCl.

La depositación de la Fluorita fue causada por un descenso en la temperatura, incremento del PH y reacción con las rocas ricas en calcio (Ruiz 1980)

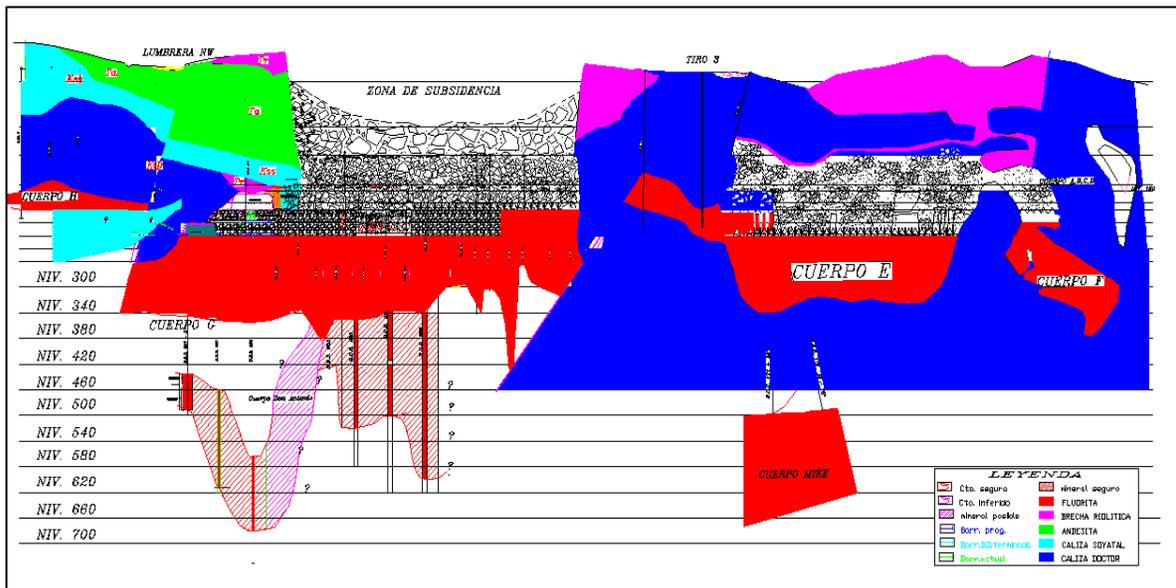
Estudios del Distrito han generado nuevas hipótesis, y estas han dado resultados geológicos muy favorables, identificando cuatro estructuras circulares de aproximadamente 4 Km de diámetro enmarcada por una estructura mayor de aproximadamente 10 Km de diámetro. Con este estudio se determinó que los cuerpos minerales conocidos se encuentran en el borde de una de las estructuras circulares (estructura Cuevas, Olalde 1998) que presenta un levantamiento tipo Domo en la Formación Doctor rodeado por rocas volcánicas del terciario, este Domo tuvo fuerte modificación por los efectos del fallamiento regional de tendencia NW la cual causó la ruptura del mismo en sus márgenes, y las soluciones fueron movidas hacia arriba mineralizando algunas fallas radiales. La alteración que se presenta es principalmente propilítica y en menor proporción argílica.

## **YACIMIENTOS MINERALES**

Los yacimientos son de origen hidrotermal (epitermal) con dimensiones del orden de 200 a 800 m de largo, 50 a 200 m de ancho y de 200 a 500 m de profundidad con contenidos de 70 a 95 % de CaF<sub>2</sub>, encajonados en caliza formación Doctor y en rocas volcánicas (riolita, andesita).

Son depósitos de reemplazamiento, notándose muy bien las características típicas de estos tipos de criaderos, como son límites lobulares, "caballos" aislados de caliza, restos fósiles reemplazados, además con relleno por fluorita tardía de cavidades que quedaron en la misma fluorita durante el reemplazamiento. También rellenaron cavidades kársticas en la caliza El Doctor. Su control estructural

principal son fallas normales de alto ángulo, de rumbo NW, coincidiendo con la máxima extensión del área y que ponen en contacto a la caliza Doctor con las rocas volcánicas (véase ilustración 4).



*Ilustración 4. Ubicación de cuerpos minerales (Olalde G, 1999)*

## V. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES; ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE VENTILACIÓN

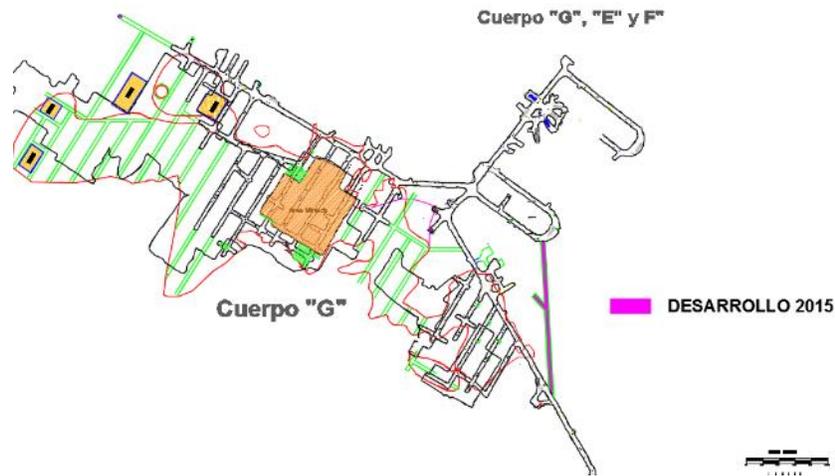
### GENERALIDADES DE OPERACIÓN

#### Mina

El sistema de explotación es subterráneo y se lleva por el método de hundimiento por subniveles con barrenación larga. Es un sistema altamente productivo y seguro, esto lleva a obtener un sistema de explotación de bajo costo, con mayor recuperación de mineral y menor dilución.

#### Obras de preparación y desarrollo

La preparación para este sistema de explotación se realiza por niveles (o subniveles) en bloques de 20 m. Dadas las características geológicas del cuerpo mineralizado, se desarrolla una galería perimetral este-oeste a todo el ancho del cuerpo y hasta el contacto con la roca encajonante. Perpendicular a esta galería se realiza la preparación de los cruceros norte-sur hacia los extremos del cuerpo mineralizado hasta llegar al contacto geológico de la riolita (ilustración 5). La sección de las galerías es de 5.0 x 4.0 m, con cruceros de producción de 4.0 x 4.0 m. La longitud de los cruceros será determinada por los contactos geológicos del mineral, y las obras de preparación y desarrollo se realizan con equipo de perforación electro-hidráulico.

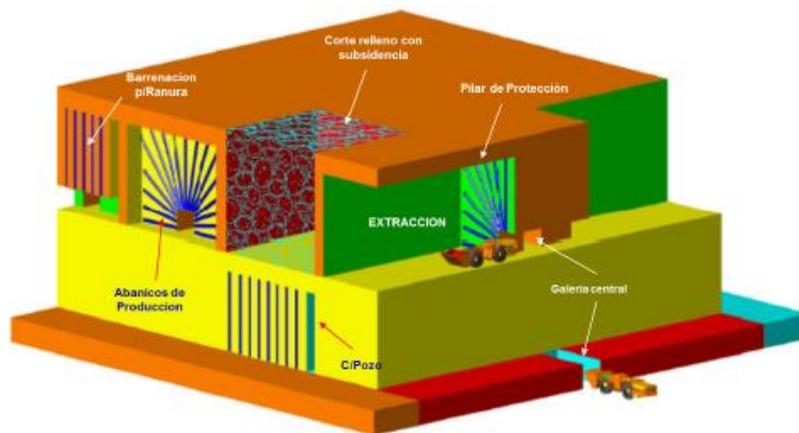


*Ilustración 5. Preparación de la obra minera*

### Tumbe

El tumba de mineral se realiza una vez terminados los cruceros de preparación, que se comunican con el límite del contacto; se desarrolla un c/pozo para dar salida a la barrenación de ranura que tiene una altura de 17.0 m desde el piso al cielo, una profundidad de 4.0 m y un ancho de 20.0 m. Una vez terminada la ranura se barrenan los abanicos de producción sobre toda la longitud del cruceo, esta barrenación se da de 0° a 180° abarcando un área de 17.0 m de altura y 20.0 m de ancho y el bordo entre abanicos es de 2.7 m. La barrenación de abanicos se realiza con equipo de perforación electrohídrico simba de barrenación larga.

Para recuperar el mineral con un bajo porcentaje de dilución, se deja un pilar de protección de 3.0 m y se van formando huecos provocando su hundimiento a cada 25.0 m, mismos que se van rellendo con la subsidencia de los niveles superiores ya minados, (ilustración 6).



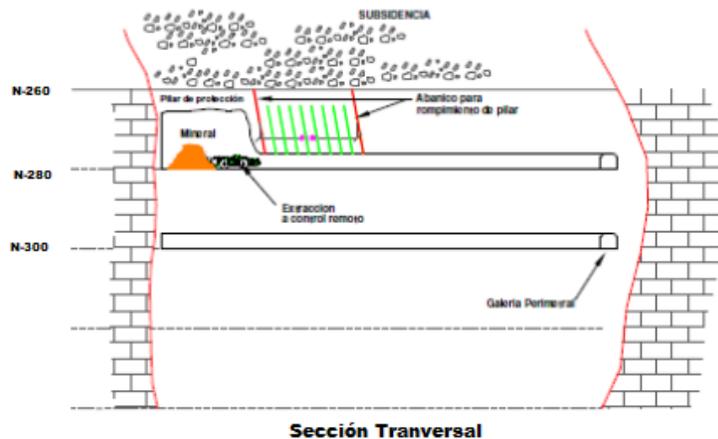
*Ilustración 6. Sistema de minado*

## Rezagado y extracción de mineral

El rezagado de frentes y topes se realiza con cargadores de bajo perfil de  $5.6 \text{ m}^3 (6.5 \text{ yd}^3)$  y  $6.95 \text{ m}^3 (8.0 \text{ yd}^3)$  de capacidad, desde las frentes de producción hasta las estaciones de cargado localizadas sobre la galería perimetral en cada nivel, la distancia de rezagado varía dependiendo del lugar de preparación dentro del cuerpo mineralizado entre los 100 y 250 m. Al igual que en el rezagado de las frentes, la extracción de mineral se hace con cargadores de bajo perfil, operados a control remoto, por seguridad debido a que las características del sistema de explotación forma huecos con alturas de 17.0 m, (ilustraciones 7 y 8).



*Ilustración 7. Sistema de rezagado a control remoto*



*Ilustración 8. Sistema de extracción por niveles*

## Acarreo y manto

El acarreo del interior de la mina se realiza con camiones convencionales de 40 t desde los rebajes hacia los tiros de producción N.º 6 y N.º 1, (ilustración 9).

El manto de mineral se realiza por dichos tiros, cuyas capacidades son de 450 t/hr y 85 t/hr respectivamente.



*Ilustración 9. Acarreo de camión*

El acceso al interior de la mina se realiza por rampa, la cual llega hasta el nivel 320 con una longitud de 3.9 km, y una pendiente del 16%.

Se ejemplifica todo el proceso de mina en un diagrama de flujo, (ilustración 10).

### Proceso mina (diagrama de flujo)



*Ilustración 10. Diagrama de flujo del sistema de minado*

## Trituración

Se cuenta con dos plantas de trituración donde se procesa el mineral proveniente del interior de la mina, generando el 50% de finos y el 50% de grava metalúrgica. El movimiento del material se realiza con bandas transportadoras, la trituración con quebradoras de cono y la clasificación con cribas vibratorias. Existe una clasificación de impurezas donde se retirará en forma manual el material estéril (caliza y riolita).

En el proceso de las plantas de trituración se obtienen los siguientes tamaños de grava metalúrgica:

- Metalúrgico Standard -51 mm + 32 mm (- 2" + 1 ¼")
- Granzón -32 mm + 13 mm (- 1 ¼" + 1/2")
- Pea Size -12.8 mm + 6.4 mm (- ½" + ¼")
- Piedra Grande -102 mm + 51 mm (- 4" + 2")
- Finos -6.4 mm (- ¼ ")

Los finos que reciben las plantas de trituración se alimentan directo a las plantas de beneficio para su proceso y obtener concentrado grado ácido.

### Planta de trituración 1

Tiene una capacidad instalada de 37,500 t/mes, y recibe el mineral que se manta del tiro N.º 1, que llega con una granulometría de -203 mm (-8"). . El proceso en esta planta consiste en pasar el mineral por una serie de bandas y cribas, una banda de pepene en donde se retira el porcentaje de impurezas como el carbonato (CaCO<sub>3</sub>) y el sílice (SiO<sub>2</sub>), una quebradora de quijadas (Petibone de 305 mm (12") x 914.4 mm (36")), para quebrar el mineral -203 mm (-8"). , y dos cribas con diferentes mallas para clasificar los tamaños de la grava metalúrgica. Se cuenta con tolvas receptoras de mineral para el almacenamiento de grava metalúrgica según el tamaño requerido por el cliente.

### Planta de trituración 2

La planta tiene una capacidad instalada de 140,000 t/mes y es alimentada con el mineral manta del tiro N.º 6, que viene a un tamaño de -203 mm (-8") en este punto se realiza el pepene de la caliza antes de entrar a la planta de trituración (véase, ilustración 11). Las etapas que se operan en este circuito de trituración son similares a las de la planta trituradora 1. Los diferentes tamaños de mineral se almacenan en las tolvas de recepción, previo a su embarque.



*Ilustración 11. Clasificación manual de impureza*

#### Planta de beneficio

En el proceso de beneficio se realiza una concentración de  $\text{CaF}_2$  por medio de una molienda en húmedo de finos -6.4 mm (-1/4") (80%) y una flotación selectiva, convencional y en celdas tanque.

La separación de impurezas se realiza en la etapa de flotación con el sistema de aire de las celdas y la ayuda de reactivos colectores y depresores. Se obtiene la flotación del  $\text{CaF}_2$  para la producción de concentrado, se le elimina la humedad en las etapas de espesamiento y filtrado; las colas de las plantas de beneficio son alimentadas a la planta de concentración de jales y las colas finales de esta última son transportadas vía húmeda para su depósito en presas de jales.

Para este proceso se cuenta con dos plantas de beneficio donde ambas cuentan con las etapas de molienda, clasificación, acondicionamiento, flotación, espesamiento y filtrado. Y una planta de concentración de jales.

La producción promedio de concentrado es de 2,150 t/día entre las tres plantas. En la tabla 1 se muestra una síntesis de los parámetros generales de operación de las plantas de beneficio, y en la tabla 2 de la planta de jales, resaltando los valores operativos de cada una de ellas.

Tabla 1. Parámetros generales de operación, plantas de beneficio 1 y 2

PLANTAS DE BENEFICIO 1 Y 2				
Alimentación	Ton.m.	131 hr		3,145 día
	Calidad	79% CaF <sub>2</sub>	10% SiO <sub>2</sub>	7.5% CaCO <sub>3</sub>
Consumo de agua para proceso		3.5 m <sup>3</sup> /ton molida		
Reactivos utilizados	Soda ASH	3.0 Kg/ton molida		
	Depresor (sulfonato de lignina)	4.0 Kg/ton molida		
	Colector (Oléico)	1.2 Kg/ton molida		
Bola de acero forjado	Bolas de 3", 2 1/2" 1 1/2" y 1" diam.		0.1 Kg/ton molida	
Relación de concentración		1: 1.7		
Recuperación metalúrgica		73%		
Producción	Ton.m.	77 hr		1,850 día
	Calidad	97% CaF <sub>2</sub>	1.1% SiO <sub>2</sub>	1.2% CaCO <sub>3</sub>

Fuente: información proporcionada por superintendencia de planta de beneficio

Tabla 2. Parámetros generales de operación, planta de jales

PLANTA DE CONCENTRACION DE JALES				
Alimentación	Ton.m.	54 hr		1,295 día
	Calidad	49% CaF <sub>2</sub>	20% SiO <sub>2</sub>	23.0% CaCO <sub>3</sub>
Consumo de agua para proceso		0.5 m <sup>3</sup> /ton jales		
Reactivos utilizados	Soda ASH	0.50 Kg/ton jales		
	Almidón cáustico	0.30 Kg/ton jales		
	Quebracho	0.30 Kg/ton jales		
	Colector (Oléico)	0.05 Kg/ton jales		
Calentamiento	Temp. operación acondicionamiento	60 °C		
	Consumo de agua	4 Lts/seg		
	Consumo de diesel	38 lts/hr		
	Consumo de vapor	8.00 Ton/hr		
Relación de concentración		1: 4.3		
Recuperación metalúrgica		42%		
Producción	Ton.m.	12.52 hr		300 día
	Calidad	96.2% CaF <sub>2</sub>	1.60% SiO <sub>2</sub>	1.60% CaCO <sub>3</sub>

Fuente: información proporcionada por superintendencia de planta de beneficio

## ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN

### Descripción general

La explotación de la mina se desarrolla en los niveles de producción 260, 280, 300 y preparación del nivel 320. La mina cuenta con un acceso general por rampa con una sección de 4.0 x 5.0 m llegando hasta el nivel 180, a partir de este nivel se continúan dos rampas generales con la misma sección, una lleva del nivel 180 hasta el nivel 240 y otra del mismo nivel 180 hasta el nivel 320, por esta rampa ingresa aire fresco a la mina.

Se cuenta con tres tiros principales, y que a su vez son entradas de aire fresco.

Tiro N.º 1, se utiliza para el manto de mineral y como entrada de aire fresco desde superficie, con una sección de 2.0 x 3.0 m, y una longitud de 300 m teniendo la ventanilla de manto en el nivel 180.

Tiro N.º 3, sólo se utiliza como entrada de aire fresco, con una sección de 3.2 x 4.0 m y una longitud total de 216 m.

Tiro N.º 6, se utiliza para manto de mineral y entrada de aire fresco, conectado a superficie con una sección de 3.2 x 6.3 m y una longitud total de 372 m.

Lumbrera NW, cuenta con un ventilador axial serie 372VP marca Air-Equipos de 53 m<sup>3</sup>/s (112,500 pcm) de transmisión exterior por bandas, extrayendo el aire del nivel 180 a la superficie por una lumbrera convencional de 2.4 m (8 pies) de diámetro con una longitud de 205.45 m y un caudal promedio de extracción del ventilador de 45 m<sup>3</sup>/s(95,000 pcm).

Lumbrera central, cuenta con un ventilador axial serie 372VP marca Air-Equipos de 53 m<sup>3</sup>/s (112,500 pcm) de transmisión exterior por bandas, extrayendo el aire del nivel 140 a la superficie por una lumbrera convencional de 3.0 m (10 pies) de diámetro con una longitud de 275.45 m y un caudal promedio de extracción del ventilador de 52.25 m<sup>3</sup>/s(110,500 pcm).

Por otra parte,

La flotilla de equipo diésel, que es utilizado para los trabajos de explotación y preparación, se conforma de la siguiente manera:

Por parte de la empresa:

- Rezagado, se cuenta con 7 cargadores frontales de bajo perfil de 5.6 m<sup>3</sup> (6.5 yd<sup>3</sup>) y 6.95 m<sup>3</sup> (8 yd<sup>3</sup>)
- Barrenación, se cuenta con 5 perforadoras electro-hidráulicas, 2 jumbos para preparación de frentes y cruceros y 3 simbas para producción (tumbe de mineral, barrenación larga)
- Acarreo, consta de 7 camiones de 40 toneladas métricas
- Cargado de explosivos, 3 "Anfoloaders"
- Amacize, 2 amacizadores mecánicos con brazo telescópico
- Servicios, una retroexcavadora y una motoconformadora
- Supervisión y servicios, 7 vehículos

Por parte de los contratistas:

- Barrenación, 2 jumbos frenteros
- Rezagado, 2 cargadores de bajo perfil de 5.6 m<sup>3</sup> (6.5 yd<sup>3</sup>)
- Supervisión 3 camionetas

## PANORAMA GENERAL PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Problemática que se plateó resolver

En el momento en que se planteó el desarrollo del proyecto, y con base a un análisis técnico, se tomó la decisión de colar una nueva lumbrera que por razones prácticas se denominó con el mismo nombre, lumbrera NW.

Las condiciones que condujeron a esta decisión fueron las siguientes:

- Las nuevas necesidades de ventilación por la profundización del área de producción.
- La ubicación del nuevo cuerpo geológico denominado H
- El incremento en el factor de resistencia en el flujo de aire
- El crecimiento y la profundización de la mina
- Las limitaciones del ventilador principal localizado en la antigua lumbrera NW

Para llegar a esta decisión se contó con el apoyo de un consultor, especialista en ventilación de minas, para desarrollar el estudio de los balances de ingresos de aire fresco y extracción de aire viciado por las dos lumbreras que se tenían en operación en ese momento, arrojando que por la rampa general, tiros 1, 3, 6 y c/p de nivel 95 a superficie ingresaban un total de 144.5 m<sup>3</sup>/s (242,507 PCM).

La salida del aire viciado por la lumbrera central y lumbrera NW es de 115.7 m<sup>3</sup>/s (245,154 PCM), identificándose que el 55% del total de aire extraído se está devolviendo a superficie como aire fresco por la lumbrera central y los c/pozos, siendo que la lumbrera es la que realmente extraía el aire viciado; (véase diagrama 01 de ventilación anexo).

De acuerdo con los parámetros considerados por el consultor, respecto a la cantidad de aire requerido para la operación en la mina, por cada hp se requiere un rango de 0.04 m<sup>3</sup>/s (80 pcm) a 0.06 m<sup>3</sup>/s (125 pcm), tomando como promedio 0.042 m<sup>3</sup>/s (90 pcm). Para un total de 2,240 kW (3004 hp) de los equipos, se requiere un volumen 127.4 m<sup>3</sup>/s (270,360 pcm) para cubrir la demanda de aire por combustión.

Con respecto al personal que laboraba al momento del análisis se consideró un total de 87 personas, tomando 0.047 m<sup>3</sup>/s (100 pcm) por cada trabajador, siendo necesario un volumen de aire de 4.11 m<sup>3</sup>/s (8700 pcm).

Por lo que el volumen requerido para satisfacer las condiciones de la mina en aquel entonces fue de 132.4 m<sup>3</sup>/s (**280,000 PCM**); (véase, tabla 3 balance de ventilación).

Diagrama 01. Circuito de ventilación y proyectos

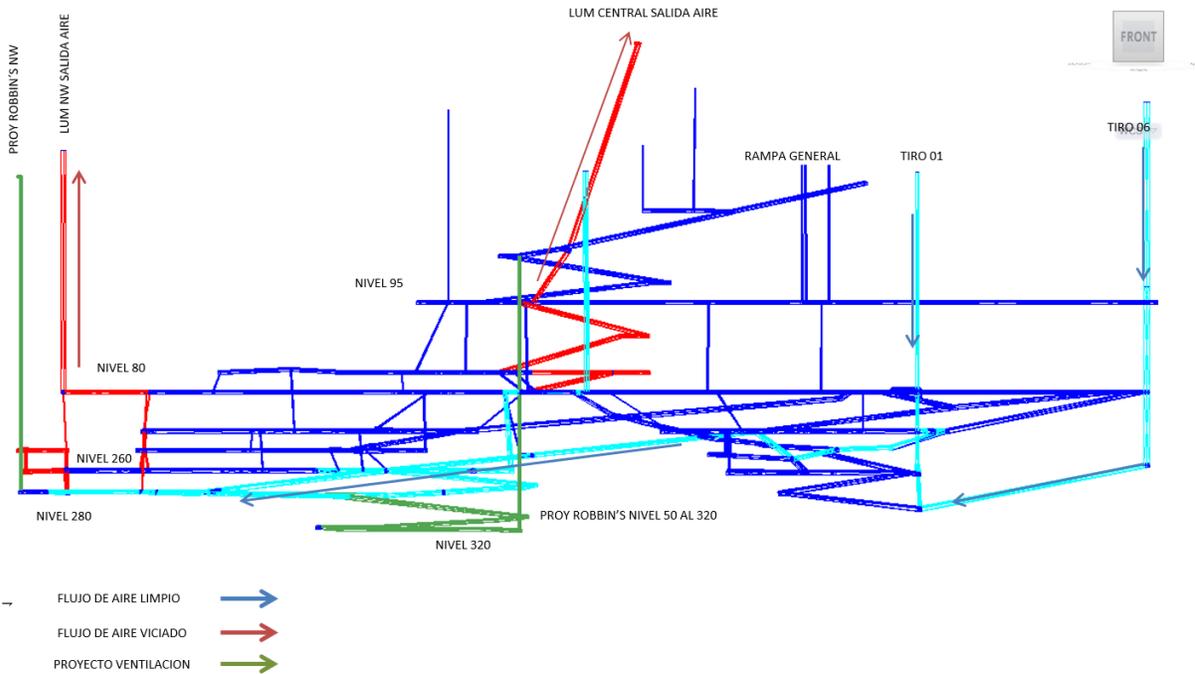


Tabla 3. Balance de ventilación 2008

• CON BASE A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE VENTILACIÓN SE SABE QUE LAS ENTRADAS DE AIRE FRESCO A LA MINA SON LAS SIGUIENTES:

LUGAR	VOLUMEN PCM
TIRO # 1	46,692.00
TIRO # 3	30,928.00
TIRO # 6	25,101.00
NIVEL 95 (TIRO # 6)	49,704.00
RAMPA DE ACCESO	90,081.90
<b>TOTAL</b>	<b>242,506.90</b>

• LAS SALIDAS DE AIRE SON LAS SIGUIENTES:

LUGAR	VOLUMEN PCM	%
LUMBRERA NW	110,617.00	45%
LUMBRERA CENTRAL	128,265.00	52%
C/P ROBBINS DE 5 PIES	6,269.00	3%
<b>TOTAL</b>	<b>245,151.00</b>	<b>100%</b>

ASÍ QUE LA DIFERENCIA DE AIRE QUE SE NECESITA EN LA MINA ES DE :

CUADRO COMPARATIVO MAYO	
REQUERIDO	280,000.00 PCM
ACTUAL	242,506.90 PCM
FALTANTE	37,493.10 PCM

EQUIPO DIESEL OPERADO EN MINA					
Equipo	No unidades	Hp/unidades	Hptotales	% utilizacion	total hp
EQUIPOS MEXICHEM					
Jumbos	5	116	580	20%	116
Scoop Tram	4	188	752	80%	601.6
Camiones	3	423	1269	60%	761.4
Anfoloder	2	82	164	20%	32.8
Camionetas	5	120	600	60%	360
EQUIPOS CONTRATISTAS					
Cargadores	2	188	376	80%	300.8
Camiones	5	205	1025	60%	615
Camionetas	3	120	360	60%	216
<b>totales</b>			<b>5126</b>		<b>3003.6</b>

RELACION DE PERSONAL QUE INGRESA A LA MINA	
OPERACIÓN MINA	30
MANTTO ELECTRICO	5
MANTTO MECANICO	7
MANTTO TIROS	4
PLANEACIÓN	3
GEOLOGIA	6
SEGURIDAD	1
SUPERVISORES	2
SUPERINTENDENCIA	1
GERENCIA	1
<b>CONTRATISTA</b>	
NECAXA	5
TRESA	5
OBRA CIVIL	15
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>

TOMANDO 90 PCM Y TOMANDO EN CUENTA UN CABALLAJE DE 3,003.60 HP EL VOLUMEN NECESARIO SERA ! **270,324.00** PCM .

POR TRABAJADOR SE RECOMIENDA TOMAR UN VOLUMEN ENTRE 90 A 100 PCM POR PERSONA  
 100 EL VOLUMEN NECESARIO SERA DE: **8,500.00** PCM.

Posteriormente se adquiere el software Ventsim para realizar simulaciones y determinar la viabilidad del proyecto considerando factores como la ampliación de contrapozos de 2.40 m (8 pies) a 3.05 m (10 pies) de diámetro o bien realizando modificaciones del circuito de ventilación colocando puertas de control de aire y otros escenarios de simulación hasta encontrar la mejor opción de diseño.

De acuerdo con esta información se genera un proyecto integral y a continuación se mencionan las etapas de la planeación del proyecto:

#### Corto plazo

- Dar mantenimiento general al ventilador ubicado en la antigua lumbrera NW; colocar puertas reguladoras en niveles 95,140 y 180; elaboración de una tabla comparativa para la selección de un nuevo ventilador; hacer el levantamiento geológico y topográfico de la nueva lumbrera NW.

#### Mediano plazo

- Realizar la compra del nuevo ventilador para la lumbrera NW; desarrollo de la obra minera para conectar al contrapozo hasta el nivel 260; colado del barreno piloto y rimado del contrapozo de 3.05 m (10 pies) de diámetro (nueva lumbrera NW).

#### Largo plazo

- Hacer la ingeniería para la reubicación de la infraestructura de la nueva lumbrera NW; profundizar la lumbrera central hasta el nivel 280 para generar un nuevo circuito de ventilación; cambio de dirección del ventilador ubicado en lumbrera central para inyectar aire; comunicar los cuerpos G y E a través del nivel 300.

En el diagrama 02 se indican las actividades, a realizar durante el periodo del proyecto:

*Diagrama 02. Planificación de proyecto*



## **VI. NORMATIVIDAD, METODOLOGÍA Y ANÁLISIS**

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social es la dependencia federal encargada de verificar, regular y atender lo relacionado a este tema, así mismo emite la normatividad a la cual se deben de sujetar las empresas del sector minero; en el periodo en que se ejecutó este proyecto la norma vigente que regía era la *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-023-STPS-2003, TRABAJOS EN MINAS-CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO* que tiene por objeto establecer los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores que desarrollan actividades en las minas y daños a las instalaciones del centro de trabajo.

La Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en que se desarrollen actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de materiales localizados en vetas, mantos, masas o yacimientos, ya sea bajo el suelo o en su superficie, independientemente del tipo y escala del centro de trabajo de que se trate.

Dicha norma en el APÉNDICE D relacionado al tema en ventilación de minas marca que:

### **D.1.- Condiciones de seguridad e higiene.**

**D.1.1.- Se debe suministrar al interior de la mina un volumen de aire igual a 1.50 metros cúbicos por minuto por cada trabajador; por cada mula o caballo 3 metros cúbicos de aire por minuto y por cada caballo de fuerza de la maquinaria accionada por motores de combustión diésel localizados en el interior de la mina, se debe suministrar 2.13 metros cúbicos de aire por minuto.**

**D.1.2.- Cuando en cualquier frente, galería o pozo se opere maquinaria impulsada por motores de combustión diésel, se debe mantener una velocidad mínima del aire de 15.24 metros/minuto.**

**D.1.3.- En los frentes, galerías o cruceros en desarrollo en donde sea necesario usar ductos para lograr la ventilación requerida, su extremo no debe estar a más de 30 metros del tope del frente de excavación.**

Como anteriormente se mencionó, los valores utilizados en el proyecto fueron de 2.55 m<sup>3</sup>/min (90 pcm) por hp de potencia y 2.8 m<sup>3</sup>/min (100 pcm) por trabajador, lo que implica un 20% y 89% por arriba de lo que dicha norma solicita.

## VII. DESARROLLO DEL PROYECTO, CÁLCULOS Y APLICACIONES

A continuación se describe con mayor detalle las actividades realizadas para conformar los dos nuevos circuitos de ventilación.

### ACTIVIDADES REALIZADAS ENTRE LOS AÑOS 2008 Y 2010

Como acciones inmediatas se generaron las requisiciones para el mantenimiento general del ventilador en la antigua lumbrera NW; y las puertas de ventilación y reguladores de los niveles del 95 al 180.

1. Mantenimiento general del ventilador en la antigua lumbrera NW:
  - Reparar fugas de carcasa y abanico en general (ilustración 12 y 13)
  - Ajustar bandas de motor a flecha de abanico para optimizar su función
  - Estabilizar talud que se encuentra en el área
  - Sujetar codo a base de piso
  - Colocar guardas a bandas
  - Eliminar vibración
2. Colocación de puerta en nivel 95:
  - Ubicada cerca a la ventanilla del tiro N.º 6 y elaborada con perfil IPR de acero.
3. Colocación de tapón en chorro # 2, nivel 140:
  - Colocar un tapón en el chorro # 2, para evitar las fugas de aire limpio hacia la lumbrera NW, ya que este comunica con galería "G" nivel 180, y ocasiona pérdida de aire (ver plano en sección de anexo plano 01).
  - Sellar los contrapozos que se encuentran en este nivel.
4. Colocación de dos puertas en nivel 180:
  - Galería "G" adelante del compresor (ver plano 02 sección de anexos).
  - Galería "E" delante de la rampa a nivel 200 rumbo a chorro # 4
  - Sello de contrapozo del polvorín

El costo total de esta etapa se muestra en la tabla 4:

*Tabla 4. Costos generados 2008-2010*

<i>Partida</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio unitario cotizado</i>	<i>Total real (pesos)</i>
1.0	Lumbrera NW (mantenimiento ventilador)	\$ 12,000.00	\$ 13,800.00
2.0	Puertas reguladoras N95	\$ 17,656.00	\$ 20,304.00
3.0	Tapones de banda N140	\$ 16,978.00	\$ 19,525.00
4.0	Puertas reguladoras N180	\$ 16,612.00	\$ 19,104.00
	<b>Totales</b>	<b>\$ 63,246.00</b>	<b>\$ 72,733.00</b>



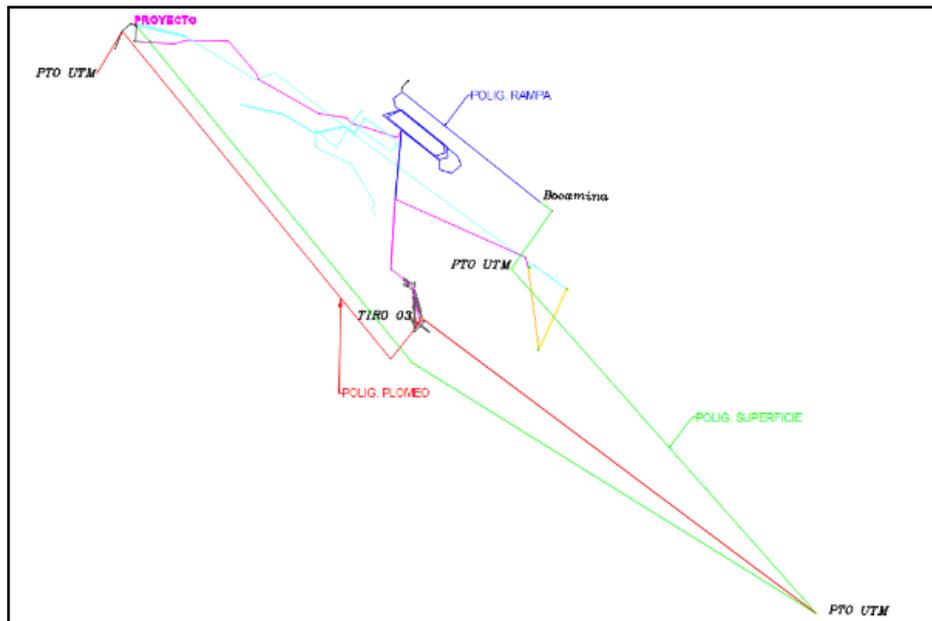
*Ilustración 12. Ventilador antes del mantenimiento general*



*Ilustración 13. Ventilador después del mantenimiento general*

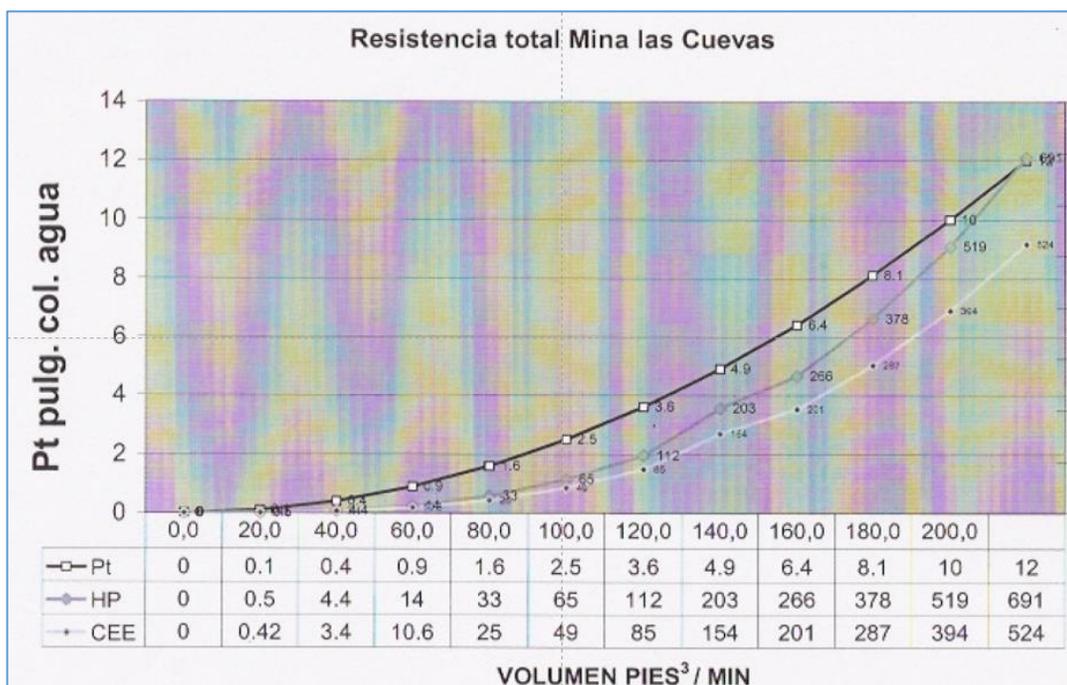
5. Se llevó a cabo la topografía de una poligonal cerrada del interior de la mina a la superficie (ver ilustración 14). A continuación se describe el trabajo realizado.
  - Con base en los registros geológicos del departamento de exploración, se ubica el punto de rompimiento para el desarrollo del contrapozo, y se ejecutan dos procedimientos para corroborar la ubicación.

- A partir de los puntos conocidos en superficie con GPS y ubicados con coordenadas UTM, se baja la liga por la rampa general hasta los puntos de la poligonal general en el interior de la mina. Esta actividad se lleva a cabo de ida y vuelta para minimizar el error.
- Se realiza un plomeo partiendo de los puntos ubicados con GPS a un costado del tiro N.º 03, ligándolo en el nivel 180 con la poligonal general de la mina, en la ventanilla del tiro y continuando hasta llegar a la superficie al punto de partida del mencionado tiro.
- Finalmente, ya ubicado el punto se procedió al marcaje para posteriormente construir la base de la máquina contrapocera.



*Ilustración 14 . Poligonales realizadas*

Se recibieron tres cotizaciones para la adquisición del ventilador cuyas características consistieron en manejar un caudal de 94.4 m<sup>3</sup>/s (200,000 pcm) y 1200 rpm y con 7" de presión de agua, para trabajar a una altitud sobre el nivel del mar de 1800 m. Esta decisión se toma con base en la curva de la mina obtenida por el consultor(ver ilustración 15).



*Ilustración 15 . Curva de mina (Gámez D,2008)*

Las empresas que presentaron las cotizaciones fueron las siguientes:

- Drillar
- Spendrup
- Zitrón

Las propuestas se entregaron con dos variantes de ventiladores, horizontales y verticales, y se eligió la primera opción debido al impacto visual que genera un ventilador vertical. Se solicitó a los proveedores que el equipo contara con los siguientes instrumentos: un medidor de flujo de tipo acelerómetro, un medidor de presión, uno de vibraciones y otro de temperatura. El lenguaje de comunicación del ventilador con el panel de control remoto (PLC), mostrando en un monitor todos estos parámetros.

Con este último requisito, Spendrup y Zitrón vuelven a cotizar, mientras que por su parte Drillar declina, argumentando que sus costos se elevan considerablemente ya que no cuentan con los departamentos para realizar la ingeniería solicitada.

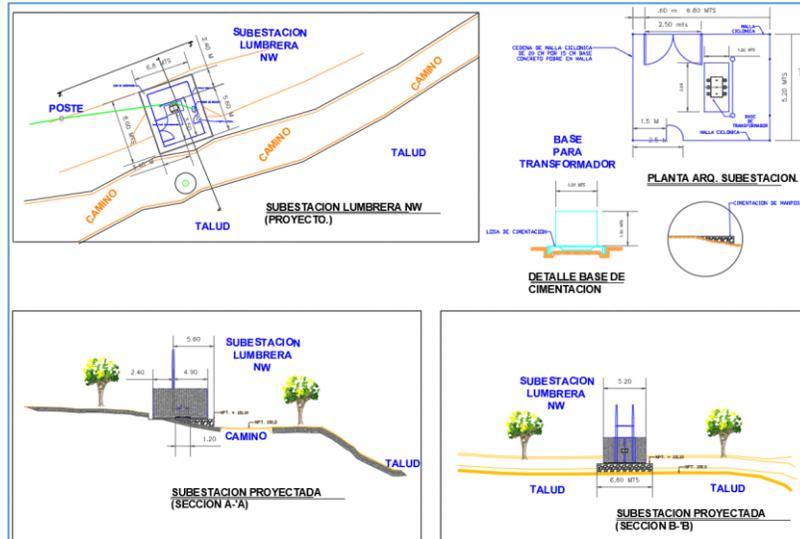
Finalmente se decide realizar la compra a la compañía Spendrup debido al monto, servicio técnico, disponibilidad de refacciones y menor costo de importación. Por ejemplo, al provenir de los Estados Unidos, no paga aranceles gracias al tratado de libre comercio con dicho país. A continuación se muestra la tabla 5, comparativa realizada para la toma de decisión de dicha adquisición.

Tabla 5. Cuadro comparativo de ventiladores

SPENDRUP		ZITRON	
MODELO EQUIPO	FAN,213-147-1200-A-1-D	ZVN 1-18-4086	
IMPORTE VENTILADOR (USD)	189,559.00	\$	177,736.95
IMPORTE ARRANCADOR (USD)	100,526.00	\$	78,405.10
IMPORTE POR ARANCELES (ESPAÑA) (USD)	-	\$	53,173.00
DESCUENTO POR ESTUDIO DE VENTILACION (USD)	-	\$	3,387.00
<b>IMPORTE TOTAL (USD)</b>	<b>290,085.00</b>	<b>\$</b>	<b>307,934.05</b>
EQUIPO OPCIONAL (SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO REMOTO)	90,263.00		No se le solicito cotización
PARIDAD EURO/USD			1.37
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL VENTILADOR	Ventilador horizontal , tipo axial modelo 213-147-1200-A-1-D unidireccional		Ventilador horizontal, tipo axial modelo ZVN 1-18-4086 unidireccional
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL MOTOR	500 HP, 1180 rpm, voltaje 460/600 clase F Ins., 1.15SF, 5810		547 HP - 4 polos - B3 - IP 55 - 460 volts, 1200rpm, , clase F
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL ARRANCADOR	Marca ABB para arrancador de 500 HP cuenta con cubierta nema 12 ventilado (IP54) 380-480 volts		Armarío de fuerza con variador de frecuencia ABB de 547 hp- 460V
TIEMPO DE ENTREGA	16 a 20 semanas		14 a 16 semanas
LUGAR DE ENTREGA	Frontera mexicana (Nuevo Laredo)		Puerto mexicano (Tampico)
CONDICIONES DE VENTA	50% Con la orden de compra 25% Contra documentos de embarque 25% neto a 30 días		A la vista (variable) mediante L/C irrevocable y confirrada (variable), a través de uno de nuestros bancos
ASPECTOS TECNICOS	Detector sentido flujo cantidad, sensor de vibración, monitor de vibraciones, sonda Petterman, toma de presión estática y toma de medición de caudal		Sensor de temperatura es de 100ohm RTDs, sensores de vibración son estándar ICP del tipo acelerómetro, medidor de flujo ultrasónico, obtiene la cantidad y rango de flujo, transmisor de señal para la presión del ventilador (water gage) mide la presión estática
ASPECTOS OPERATIVOS	Ventilador horizontal tipo axial operado a 500 HP ( 372 kw ) y con variador de frecuencia de 380 - 480 volts		Ventilador horizontal tipo axial operado a 547 HP ( 408 kw ) y con variador de frecuencia a 460 volts
SERVICIO	Ofrece visitas cada tres meses o cuando se requiera y se llevaría una bitácora de horas trabajadas por visita		
REFACCIONES	ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA		GIJON-ASTURIAS (ESPAÑA)
SOPORTE TECNICO	Visita de dos técnicos para el arranque en el lugar de trabajo, previo aviso con 10 días de anticipación		Supervisión del montaje, puesta en marcha y capacitación en el uso del ventilador
GARANTIA	12 meses a partir de la puesta en marcha y 100,000 hrs en los baleros del rotor		18 meses a partir de la puesta en marcha y como máximo 24 meses desde el aviso de disponibilidad de los materiales, lo que antes suceda
VENTAJAS	Mejor precio, fabricación y refacciones		Realizan pruebas del túnel de viento, es el mismo proveedor del software de ventilación (Ventsim), la instrumentación es de línea
DESVENTAJAS	La instrumentación no es de línea en los ventiladores que surte en México		Precio más alto, refacciones desde España (alto costo por arancel)
EQUIPO SELECCIONADO:	SPENDRUP		

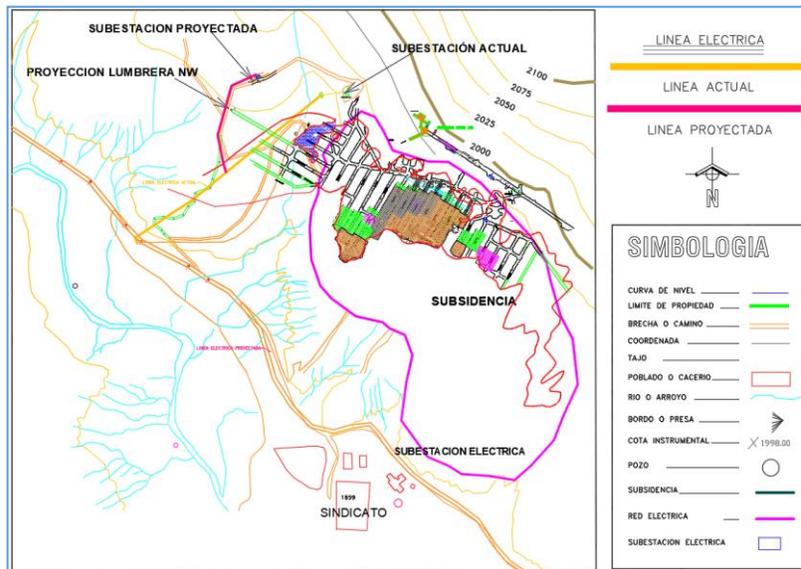
## ACTIVIDADES REALIZADAS ENTRE LOS AÑOS 2011 Y 2012

Se generó el anteproyecto para la construcción de una nueva subestación eléctrica (ver ilustración 16), ya que se contaba con un transformador de 100 kW para el anterior ventilador de 55kw (75 hp), por lo que se requería un nuevo tendido de línea eléctrica para la alimentación del ventilador de 368 kw (500 hp) y que a su vez serviría para alimentar la maquinaria de perforación del contrapozo Robbin's.



*Ilustración 16. Ingeniería y diseño de subestación*

Con el apoyo del departamento de mantenimiento eléctrico, se determinó el área donde se localizaría la nueva subestación (ver ilustración 17) y se diseñó con una capacidad de 450 kW equivalente a 392 kW debido a un factor de caída eléctrica del 87%. Lo anterior resulta suficiente para alimentar el ventilador con un motor que consume alrededor de 373 kW de potencia (500 hp).



*Ilustración 17. Ubicación de subestación y línea eléctrica*

También se realizó el proyecto ejecutivo y se presentaron los planos de obra civil, distribución eléctrica, línea eléctrica y las cotizaciones de obra (tabla 6).

Tabla 6. Catálogo de obra subestación

<b>Presupuesto de Obra subestación electrica lumbrera NW</b>				
<b>Codigo</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.Unitario</b>
<b>A</b>	<b>Subestación.</b>			
<b>A01</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>			
Desp-001	Despalme de terreno natural para área de subestación	m2	54.4	\$ 12.72
Limpyd	Trazo y nivelación de área	m2	54.4	\$ 13.50
Traz-001	Trazo y nivelación de área de muro de manposteria	m2	5.1	\$ 13.50
Mamp-01	Construcción de muro de manposteria para nivelacion de terreno natural a 1.0 metros	m3	5.61	\$ 780.00
Rell-01	Relleno de volumen generado para construcción de muro de manposteria para generacion de desplante de piso	m3	15.25	\$ 243.07
Piso-003	Construcción de pisos de cimentación para soporte de base y cadena de transformador con concreto armado con un f'c: 200kh/cm2 y varilla de 1/2" de diametro	m3	9.79	\$ 1,850.67
Cade-001	Construcción de cadena de desplante para malla ciclonica en el perimetro de la subestación.	m3	0.5	\$ 2,050.00
Malla-01	Suministro e instalación de malla ciclonica perimetral	m2	63	\$ 344.50
Malla-02	Instalación y fabricación de puerta lateral de malla ciclonica para acceso a subestación	pza	1	\$ 1,100.00
Malla-03	Instalación y fabricación de puerta principal de malla ciclonica para acceso a subestación	pza	1	\$ 1,980.00
Bas-001	Construcción de base para trasformador, de concreto armado de un fc de 200kg/cm2 y armado de 1/2" de varilla	m3	1.44	\$ 2,050.00
Limp-01	Limpieza de área.	m2	54.4	\$ 6.15
<b>Total</b>				

El costo total para el proyecto de la subestación ascendió a \$ 1'006,499.04 pesos. A continuación se anexa la tabla 7 con el resumen de los gastos del proyecto:

Tabla 7. Costos subestación eléctrica

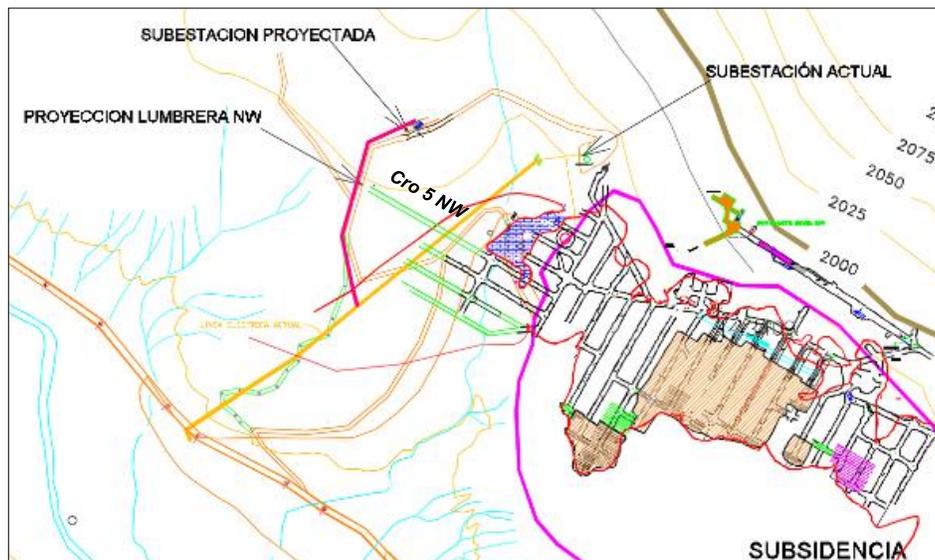
<b>Partida</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio unitario cotizado</b>	<b>Total real (pesos)</b>
1.0	Libranza CFE	\$ 305,653.68	\$ 305,653.68
2.0	Obra civil subestación eléctrica	\$ 56,867.00	\$ 50,583.12
3.0	Instalación de subestación eléctrica	\$ 556,060.08	\$ 556,060.08
4.0	Interruptor magnético	\$ 94,202.16	\$ 94,202.16
	<b>Totales</b>	<b>\$ 1,012,782.92</b>	<b>\$ 1,006,499.04</b>

Finalmente, el proyecto queda concluido en el segundo trimestre del 2011 (ilustración 18):



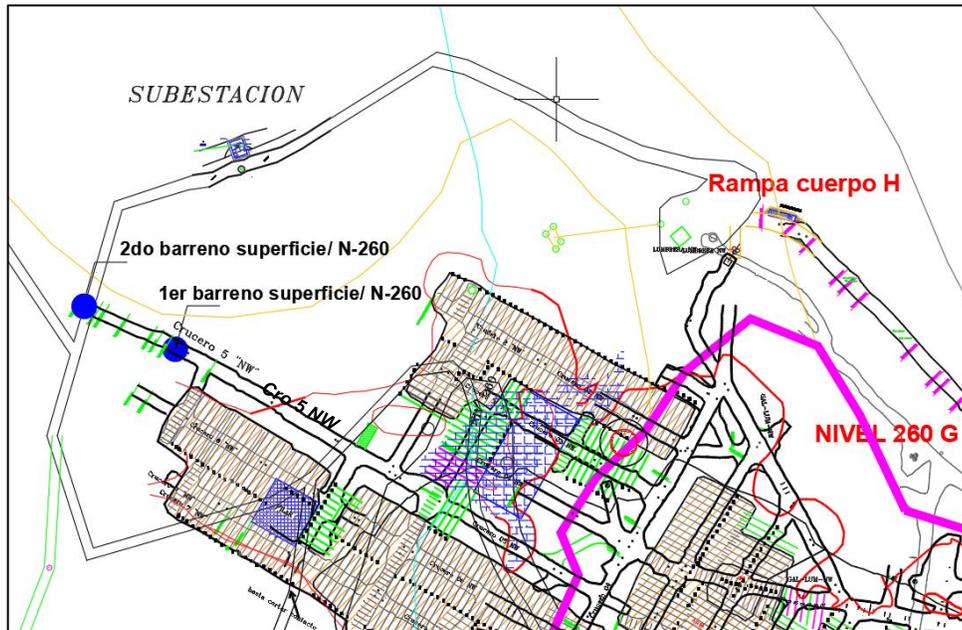
*Ilustración 18. Subestación lumbra NW*

Al término de los trabajos de la subestación eléctrica, se inició el cruceo 5 NW del nivel 260 para recibir el barreno piloto, para el cuele de la lumbra NW, proyectado para finales del 2011 (ilustración 19), el arribo de la máquina contrapocera se programó para el mes de noviembre.



*Ilustración 19. Croquis de proyecto obra minera para el primer piloto*

En la primera etapa, el crucero se desarrolló con una sección de 4 x 4m y una longitud de 115m y fue concluido el 6 de enero del 2011. Cabe mencionar que esta obra no pudo ser utilizada para tal fin, ya que durante la perforación del primer barreno, se presentó una bolsa de lodo impidiendo el avance. Para resolver lo anterior, se reubicó la máquina a una segunda posición y se colaron 41m más con la misma trayectoria para su intersección con el segundo barreno piloto, mismo que desafortunadamente presentó problemas por terreno inestable, una falla mecánica grave de la contrapocera y otra en la subestación eléctrica. Se muestra un croquis con la ubicación de los dos barrenos (véase, ilustración 20).



*Ilustración 20. Croquis de ubicación de los pilotos.*

A continuación se presenta la crónica del desarrollo de cada uno de los barrenos piloto fallidos, y finalmente el detalle del tercer barreno rimado para convertirse en la nueva lumbrera NW.

### **EXPLICACIÓN DETALLADA DE LABORES PARA EL CUELE DEL PRIMER BARRENO PILOTO**

El concurso de licitación consistió en el desarrollo de un contrapozo tipo Robbin's de 3 m (10) pies de diámetro y 90° de inclinación, para ser perforado con una profundidad de 295 m en un paquete de roca caliza de la formación El Doctor, con pequeños horizontes de fluorita y lodo. Las empresas que cotizaron dichos trabajos fueron: Causa, Master Drilling, y Topomachinery, siendo la primera la única que tenía disponibilidad de equipo para la fecha requerida. En la tabla 8 se presenta la propuesta económica aprobada para el proyecto.

*Tabla 8. Cotización contrapozo de 10 pies*

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>		<b>Total real (USD)</b>
<b>295</b>	<i>m.l</i>	<i>barreno piloto 11"</i>	\$	263.50	\$ 77,732.50
<b>295</b>	<i>m.l</i>	<i>Rimado 10'</i>	\$	935.47	\$ 275,963.65
<b>1</b>	<i>evento</i>	<i>Traslado equipo de perforación x 2</i>	\$	15,936.94	\$ 15,936.94
<b>Totales</b>			\$	<b>17,135.91</b>	\$ <b>369,633.09</b>

Para la instalación del equipo de perforación, se construye una base de concreto armado con las siguientes características: resistencia de concreto 250  $fc' = \text{kg/cm}^2$ , sección de base de 5 x 5 m con profundidad de 60 cm hasta encontrar el macizo rocoso. Y una pileta para el suministro de 20,000 L de agua limpia. El equipo con el cual se desarrollará el contrapozo es una perforadora modelo 71R, marca Robbin's, con un motor de 300kW (400 HP).

El equipo se instala el 2 de diciembre 2011 (ilustraciones 21, 22 y 23), las pruebas de funcionamiento comienzan el 9 de diciembre del mismo año y la perforación el 11 de diciembre.



*Ilustración 21. Fijación del equipo en su ubicación*



*ilustración 22. Conexión de equipo a subestación.*



*Ilustración 23. Maquinaria instalada*

Del 11 al 23 de enero se perforan 225.55 m del barreno piloto con un avance promedio de 18.80 m/día, sin reportar inconveniente alguno y con buena recirculación de agua.

Del 24 al 27 de enero, en el fondo del barreno se encuentra agua y lodo (véase, ilustración 24) que impide el avance de la tubería por lo que se decide cementar el barreno colocando una columna de 29 m equivalente a 20 tubos.

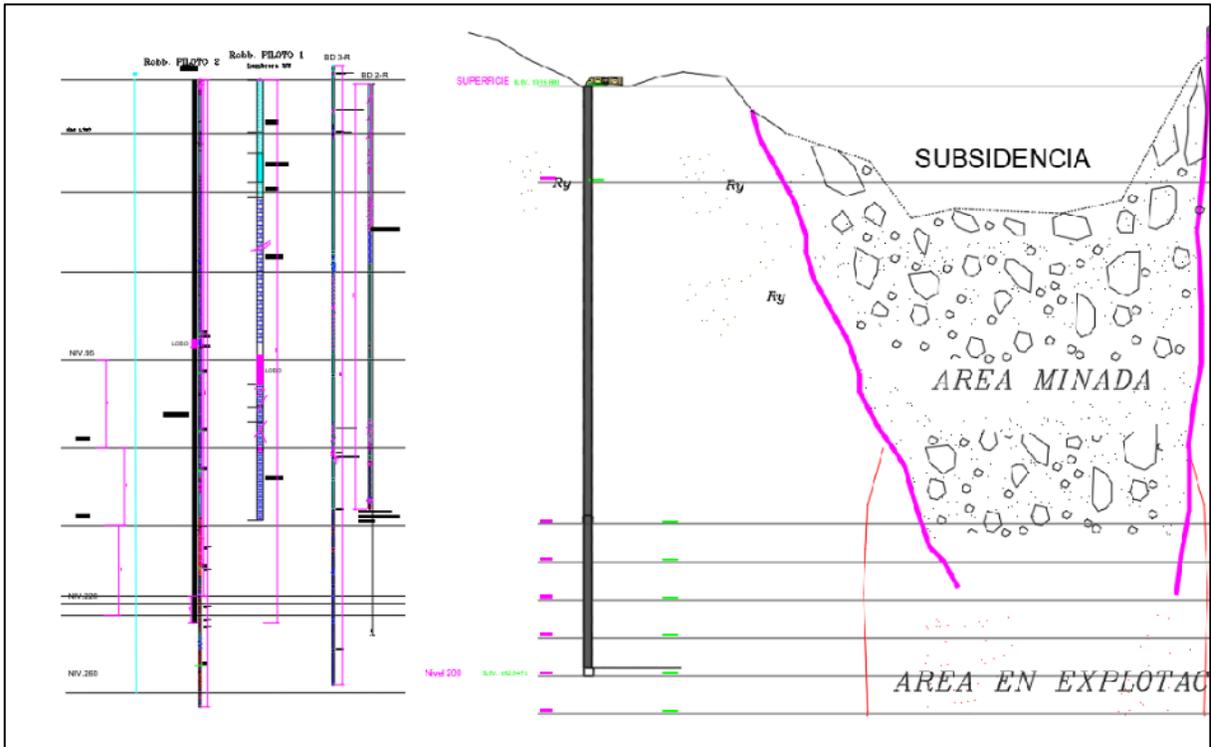


*Ilustración 24. Perforación y toma de muestra de lodo*

Del 27 de enero al 6 de febrero se intentó perforar en el cemento, pero el lodo resurge y no permite mayor avance. A sugerencia del departamento de exploración, se cambia la perforación con agua por aire comprimido, ya que de acuerdo con su experiencia dicha técnica les ha funcionado. Sin embargo, sólo se logra avanzar  $\frac{1}{2}$  tubo con este cambio y el día 6 de febrero, por efecto del intemperismo causado por el aire, el barreno se derrumba por terreno inestable.

#### **EXPLICACIÓN DETALLADA DE LABORES PARA EL CUELE DEL SEGUNDO BARRENO PILOTO**

La segunda estación de barrenación se ubicó 41m adelante de la anterior, siguiendo la trayectoria en línea recta del crucero 5 NW en el nivel 260. A través del departamento de exploración se perforaron barrenos con diámetro BQ recuperando las muestras del núcleo para ubicar el nuevo punto de rompimiento del segundo contrapozo con la información obtenida (ver ilustración 25).



*Ilustración 25. Ubicación del nuevo contrapozo 02*

Posteriormente se construyó una nueva base de concreto para la instalación del equipo, mientras que el barreno piloto se colará con una perforadora modelo SBM 700 marca Sandvik y un motor de 307 kW (412 HP). En esta ocasión la perforación se realizaría con aire en vez de agua como una medida de asegurar el barreno. Para ello se requirió de un compresor de 0.64 m<sup>3</sup>/s (1,350 pcm).

En el mes de mayo del año 2012, se inician los trabajos de perforación sin presentar inconvenientes; sin embargo en el mes de junio se presentan diversas fallas en el compresor así como condiciones meteorológicas de lluvia adversas por lo que se detiene la barrenación a los 135 m y se realiza una cementación de 50 cm al fondo del barreno para asegurar la estabilidad. Una vez reanudada la perforación, a 275.12 m, el compresor presenta nuevamente fallas, a sólo 31 m de comunicación con la obra minera que recibiría el barreno piloto.

La barrenación tuvo entonces que ser detenida a la espera de un nuevo compresor. Sin embargo, una vez que las labores se reanudaron, sólo se tiene un avance de dos tubos, llegando a una profundidad de 278.16 m. En julio nuevamente se presentan problemas de estabilidad y se decide cementar, pero fallas en la unidad hidráulica de la perforadora, en la subestación eléctrica por una tormenta eléctrica, y falta de fraguado del cemento en el barreno por la temporada de lluvia la perforación tuvo que ser detenida en el mes de agosto (ver ilustración 26).



*Ilustración 26. Barrena con problemas de lodo*

### **EXPLICACIÓN DETALLADA DE LABORES PARA EL CUELE DEL TERCER BARRENO PILOTO**

Finalmente, el proyecto de perforación se detiene por el resto del año 2012 con el propósito de realizar sondeos que permitan verificar de manera efectiva el terreno circundante para precisar la nueva ubicación del contrapozo. El departamento de exploración es el encargado de realizar dichos sondeos (ver el plano 03 Columna Estratigráfica en la sección de Anexos).

Con la información obtenida, de los cuatro sondeos realizados, uno de ellos resulta favorable. La columna estratigráfica del BDS-R-3 muestra que el área se encuentra sana y en su mayoría es de caliza compacta.

Con esta certeza, se realiza la invitación a las contratistas CAUSA y MASTERDRILLING para cotizar nuevamente los trabajos de perforación de un contrapozo de 335 m de longitud con un diámetro de 10 pies. El tercer contrapozo se ubica ahora en una nueva área que comunica con el nivel 280, a 35 m al noreste de la subestación eléctrica. Afortunadamente no se requirió ningún cambio en la infraestructura del proyecto inicial.

Finalmente, se toma la decisión que la empresa MASTERDRILLING realice el contrapozo debido a que la otra empresa, CAUSA, no tenía el equipo disponible sino hasta finales del año 2013. Cabe señalar que el costo se elevó un 18% con la contratista seleccionada con un total de \$469,150.00 dólares americanos. En la tabla 9, se presenta un resumen de los costos presupuestados.

*Tabla 9. Cotización contrapozo de 10 pies Masterdrilling*

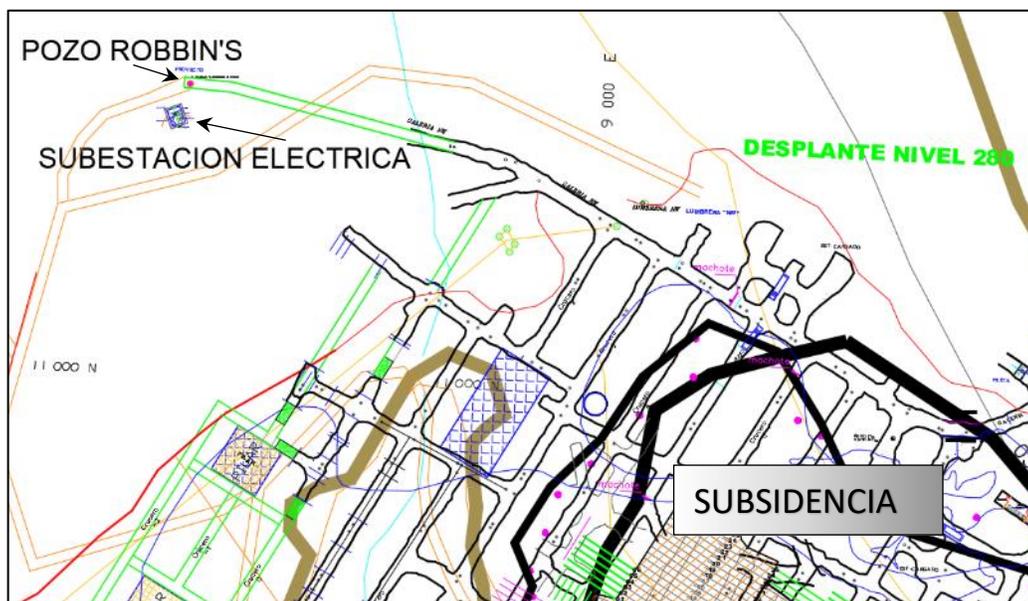
<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Concepto</i>	<i>Precio unitario (USD)</i>		<i>Total real (USD)</i>
335	m.l	barreno piloto 11"	\$	450.00	\$ 150,750.00
335	m.l	Rimado 10'	\$	950.00	\$ 318,250.00
1	evento	Traslado equipo de perforación x 2	\$	25,150.00	\$ 25,150.00
<b>Totales</b>			\$	<b>26,550.00</b>	\$ <b>494,150.00</b>

El equipo que en esta ocasión se utilizó fue una perforadora marca RAISE BORER LENA modelo RD3-450, mismo que fue instalado en el mes de abril del 2013, iniciando los trabajos en el mismo mes.

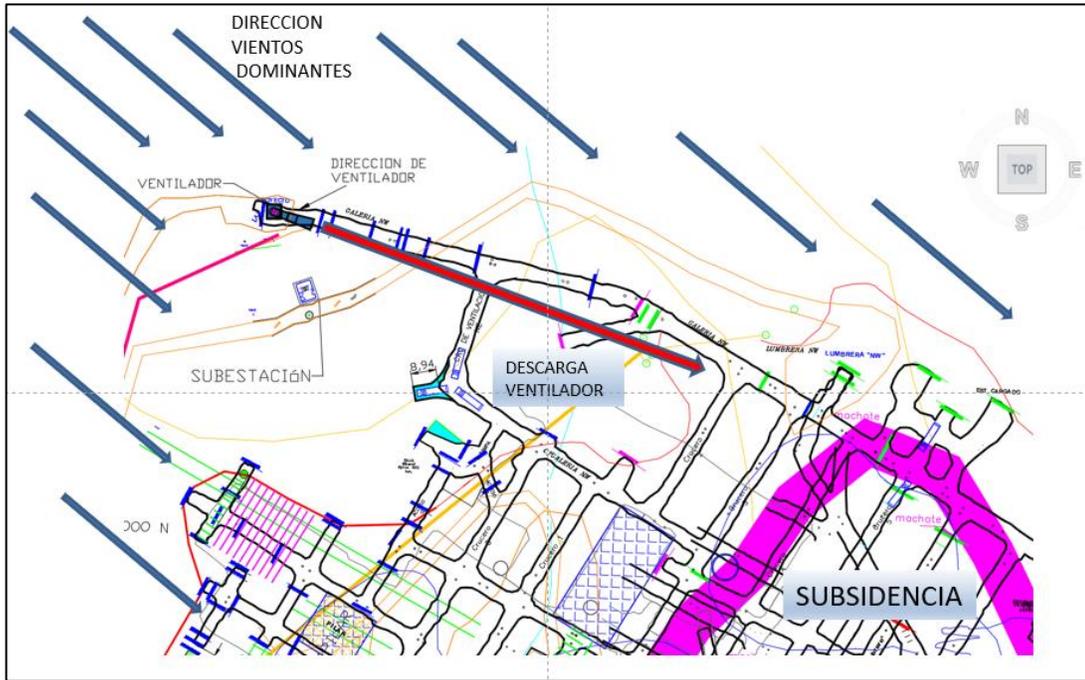
Para llevar a cabo la perforación, se cementaron 34 m en distintos horizontes del barreno previamente identificados en la columna estratigráfica de exploraciones, y, finalmente, el barreno piloto se comunica en el mes de mayo con un total de perforación de 332.42 m y un avance promedio diario de 13.29 m.

Tomando en consideración que el piloto está proyectado para comunicarse con el nivel 280, a partir del mes de enero del mismo año se desarrolla la galería con una sección de 5.0 x 4.0 m, concluyéndose en marzo y con un total de 123 m de longitud. Esta obra es la continuación de la galería perimetral del nivel.

Se considera que el contrapozo queda muy bien ubicado, debido a que la descarga del extractor, junto con la dirección de los vientos que corre de noroeste a sureste, se orienta hacia la zona de subsidencia de la mina, mitigando con ello el impacto visual como se muestra (véase, ilustraciones 27 y 28).



*Ilustración 27. Proyecto de la galería NW en el nivel 280*



*Ilustración 28. Obra concluida galería NW en el nivel 280*

Entre los meses de mayo y junio del 2013, se realiza la revisión y descenso de la tubería para ser conectada a la cortadora y ejecutar el rimado del contrapozo, mismo que concluye en el mismo mes de junio con un total de 330 m rimados a un diámetro de 3.05 m (10 pies) y un avance diario promedio de 18 m/día. A finales del mes se desinstala la maquinaria y se coloca la barricada en el perímetro del contrapozo. (Véase, ilustraciones 29 y 30).



*Ilustración 29. Desinstalación tubería contrapocera pozo Master Drilling*



*Ilustración 30. Colocación de la barricada en el contrapozo*

La inversión total del proyecto para la realización del contrapozo, considerando cada uno de los barrenos se resume en las siguientes tablas:

*Tabla 10. Piloto 01*

Resumen costo piloto 01			
<i>Concepto</i>	<i>Precio unitario (USD)</i>	<i>cantidad (hora/m.l./lote)</i>	<i>Total real (USD)</i>
<i>Tiempos perdidos (hr)</i>	\$ 85.50	67.00	\$ 5,728.50
<i>Cemetación y perforación en cemento (m.l)</i>	\$ 194.00	79.20	\$ 15,364.80
<i>Costo piloto (m.l)</i>	\$ 263.50	225.50	\$ 59,419.25
<i>Traslado equipo de perforación</i>	\$ 7,968.47	2.00	\$ 15,936.94
<i>Compresor diesel (hr)</i>	\$ 19.85	165.00	\$ 3,275.25
<i>Traslado compresor</i>	\$ 1,478.10	2.00	\$ 2,956.20
<i>Obra civil y otros</i>	\$ 12,158.91	1.00	\$ 12,158.91
<b>Totales</b>			<b>\$ 114,839.85</b>

Tabla 11. Piloto 02

Resumen costo piloto 02			
Concepto	Precio unitario (USD)	cantidad (hora/m.l./lote)	Total real (USD)
Tiempos perdidos (hr)	\$ 85.50	156.00	\$ 13,338.00
Cemetación y perforación en cemento (m.l)	\$ 194.00	190.00	\$ 36,860.00
Costo piloto (m.l)	\$ 263.50	278.16	\$ 73,295.16
Traslado equipo de perforación	\$ 7,968.47	2.00	\$ 15,936.94
Compresor diesel (hr)	\$ 19.85	795.00	\$ 15,780.75
Traslado compresor	\$ 1,478.10	2.00	\$ 2,956.20
Obra civil y otros	\$ 3,570.52	1.00	\$ 3,570.52
<b>Totales</b>			<b>\$ 161,737.57</b>

Tabla 12. Contrapozo 10 pies lumbrera NW

Resumen costo contrapozo lumbrera NW		
Concepto	Volumen de obra	Total real (USD)
Escariado pozo	1.00 evento	\$ 184,140.00
Costo piloto	1.00 evento	\$ 419,100.00
Traslado equipo, adicionales tiempos perdidos	1.00 evento	\$ 188,595.23
Renta planta generadora	1.00 evento	\$ 57,930.30
Obra civil y otros	1.00 evento	\$ 19,066.97
<b>Totales</b>		<b>\$ 868,832.50</b>

Como se puede apreciar, el costo total del proyecto para la perforación de los barrenos 1 y 2, así como del contrapozo final fue de \$1'145,436.92 dólares, de los cuales, \$276,604.42 dólares corresponden al costo de los barrenos fallidos, lo que representó un atraso de 1.3 años, y un incremento en el presupuesto del proyecto inicial que en un principio era de \$1'120,000.00 dólares. Por tal razón se solicita al corporativo la autorización en la ampliación del presupuesto para realizar los pagos comprometidos del equipo e instalaciones faltantes en el proyecto de ventilación.

Finalmente, se realiza la compra del ventilador Spendrup de 500 HP (véase plano 09 de diseño en sección de anexos), el cual arriba a la unidad minera a finales del mes de julio, una vez liquidado el costo del equipo, trámites migratorios y de flete para ingresar al país por la frontera norte. Ver tabla 13.

Tabla 13. Características y costo de ventilador

CARACTERÍSTICAS SPENDRUP	
MODELO EQUIPO	FAN,213-147-1200-A-1-D
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL VENTILADOR	Ventilador horizontal , Tipo axial modelo 213-147-1200-A-1-D unidireccional
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL MOTOR	500 HP, 1180 rpm, voltaje 460/60/3 clase F Ins., 1.15SF, 5810
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL ARRANCADOR	Marca ABB para arracador de 500 HP,cuenta con cubierta nema 12 ventilado (IP54) 380-480 volts.
ASPECTOS TECNICOS	Detector sentido flujo cantidad, Sensor de vibración, Monitor de vibraciones, Sonda Petterman,Toma presión estática y Toma de medicion de caudal
ASPECTOS OPERATIVOS	Ventilador horizontal tipo axial operado a 500 HP ( 372 kw ) y con variador de frecuencia de 380 - 480 volts

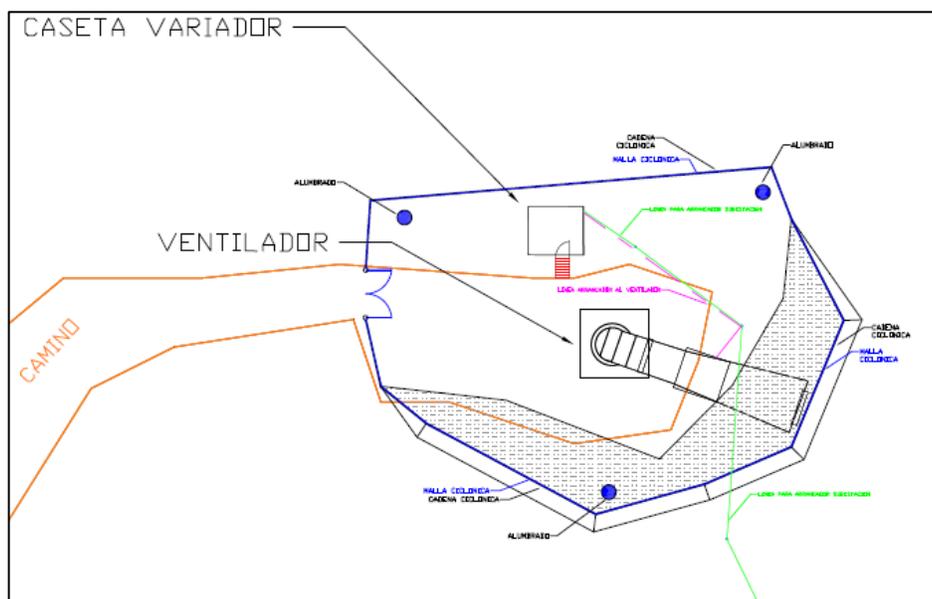
Ventilador Spendrup 500 HP.						
ACT.	CONCEPTOS	VOLUMEN DE LA OBRA		PRECIOS UNITARIOS	TOTALES	
1	Ventilador. modelo 213-147-1200 A-1-D-500 HP, incluye arrancador de frecuencia variador de frecuencia codo, difusor, y paquete de instrumentación.	1	EVENTO	\$290,085.00	\$290,085.00	Dls.
2	transporte de ventilador Spendrup (LOGISTI-K)	1	EVENTO	\$4,959.60	\$4,959.60	Dls.
<b>TOTAL</b>					<b>\$295,044.60</b>	<b>D Dls.</b>

## VIII. INSTALACIÓN, AJUSTES Y PUESTA EN MARCHA DEL VENTILADOR

Al terminar el contrapozo, entre los años 2012 y 2014 se iniciaron las actividades de instalación y puesta en marcha del ventilador. Su descarga se orientó hacia el sureste, debido a la predominancia de los vientos que corren de noroeste a sureste en la región. Con la compra del ventilador a la compañía Spendrup, se proporcionó la ingeniería para la cimentación del equipo y se proyectó la base de la lumbrera NW como se muestra en la ilustración 31 (véase detalle plano 04 en la sección de anexos).

En dicho proyecto se consideran las siguientes necesidades de obra:

- Cimentación de ventilador con los datos de carga y la base ciclópea
- Alumbrado del área
- Caseta para el variador de frecuencia y los arrancadores
- Alimentación eléctrica y tierra física
- Muro perimetral de mampostería
- Malla perimetral
- Puertas de acceso



*Ilustración 31. Diseño del área de lumbrera NW*

En la sección de anexos se muestran los planos 04 y 05 con la ingeniería del proyecto y que comprenden las secciones, los perfiles y las plantas de las obras arriba enlistadas. Con base en estos diseños, se genera el catálogo de conceptos que incluye seis partidas de construcción y un tiempo de ejecución de tres meses (ver tabla 14).

*Tabla 14. Catálogo de construcción lumbreira NW*

CATALOGO DE CONCEPTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN LUMBRERA NW.					
					06/07/2013
<b>CADENA DE DESPLANTE Y MALLA CICLONICA</b>					
Nº	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE
1	Trazo y nivelación de terreno natural para la construcción del área de lumbreira .	M2	400.00	\$ -	\$ -
2	Suministro e instalación de malla ciclónica de 2.50m de altura para delimitar el acceso a mina incluye accesorios para su instalación, herramientas y mano de obra.	M2	90.20	\$ -	\$ -
3	Construcción de cadena de desplante para malla ciclónica, de concreto pobre con una resistencia de 100Kg/cm2 incluye cimbra, mano de obra y herramientas.	M3	1.85	\$ -	\$ -
4	tendido de grava de 3/4 en patio de lumbreira	M2	400.00	\$ -	\$ -
<b>CASETA DE ARRANCADOR VARIADOR DE FRECUENCIA.</b>					Total \$ -
6	Excavación para cimentación de muros de la caseta, en terreno natural, a mano, incluye mano de obra y herramientas.	M3	3.20	\$ -	\$ -
7	excavación de cepa de cimentación para muros de caseta, de concreto ciclopio a base de piedra y mezcla cemento arena. Incluye mano de obra y herramientas.	M3	9.60	\$ -	\$ -
8	Construcción de cadena de desplante para muros de caseta de control con una sección de 20X 20 cm. de concreto armadas con 4 varillas de 1/2" y estribos de alambón de 1/4" @ 20 cm, y una resistencia de f'c= 150kg/cm2. incluye cimbra en dos caras, mano de obra y herramientas.	ML	16.00	\$ -	\$ -
9	Construcción de castillos para muros de caseta de control con una sección de 20 X 20 cm, de concreto armados con 4 varillas de 1/2" y estribos de alambón de 1/4" @ 20 cm, y una resistencia de f'c= 150kg/cm2. incluye cimbra en dos caras, mano de obra y herramientas.	ML	12.80	\$ -	\$ -
10	Construcción de muros de block 15.00x20.00x40.00 cm asentados con mezcla cemento, cal, arena y nivelados y plomeados. Incluye mano de obra, suministro de block y herramientas.	M2	51.20	\$ -	\$ -
11	Construcción de cadena de cerramiento para muros de caseta de control con una sección de 20 X 20 cm de concreto armadas con 4 varillas de 1/2" y estribos de alambón de 1/4" @ 20 cm, y una resistencia de f'c= 150kg/cm2. incluye cimbra en dos caras, mano de obra y herramientas.	ML	16.00	\$ -	\$ -
12	Construcción de losa de concreto de 10 cm, de espesor, de concreto armado con malla electro soldada 6-6-6/6 y una resistencia de 150 Kg./cm2. Incluye cimbra, mano de obra y herramientas.	M2	16.00	\$ -	\$ -
13	Construcción de firme en acabado fino de concreto de 10 cm, de espesor armado con malla electro soldada 10-10-10/10 y una resistencia de 100 Kg./cm2. Incluye suministro de malla, mano de obra y herramientas.	M2	16.00	\$ -	\$ -
15	Construcción de pretil de 40cm de block de 15.00x20.00x40.00cm en perímetro de losa de caseta de control. Incluye suministro de block, mano de obra y herramientas.	M2	3.44	\$ -	\$ -
16	Acabado en losa de concreto incluye chaffán, entortado y lechada. Incluye mano de obra y herramientas.	M2	4.53	\$ -	\$ -
17	Impermeabilización de losa de caseta de control. Incluye suministro de materiales, mano de obra y herramientas.	M2	4.53	\$ -	\$ -
19	Acabado de aplanoado de mezcla en muros exteriores de caseta, incluye mano de obra y herramientas.	M2	51.20	\$ -	\$ -
20	Aplicación de pintura vinilica en muros interiores y exteriores de caseta Incluye suministro de materiales, mano de obra y herramientas.	M2	102.40	\$ -	\$ -
23	Suministro, habilitado e instalación de Puerta de 0.90x2.10 m de perfil tubular para caseta de control. Incluye herrajes y vidrios.	Pza.	1.00	\$ -	\$ -
26	Aplicación de primario y acabado de pintura en esmalte a la estructura de la cubierta del acceso a mina. Incluye materiales, mano de obra y herramientas.	Lote.	1.00	\$ -	\$ -
<b>DADOS DE CARGA Y BASE CICLOPEA VENTILADOR</b>					Total
31	Trazo y nivelación estableciendo ejes y referencias incluye mano de obra y herramientas.	M2	13.70		
32	Cimbra para dados estableciendo ejes y referencias incluye mano de obra y materiales	ML	17.23		
33	construccion de dados econ concreto y acabado fino a f'c = 300 kg/m2, incluye mano de obra y herramientas.	M3	77.41		
34	base ciclopea amarrada a los dados del ventilador a f'c = 250 kg/m2, incluye mano de obra y herramientas.	M3	29.40		
36	limpieza durante y final de la obra en toda el area y en todos los pcesos	lote	1.00		
					Total \$ -

Tabla 14. Complemento catálogo de construcción lumbreira NW

COMPLEMENTO DE CONCEPTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN LUMBRERA NW.					
					06/07/2013
CADENA DE DESPLANTE Y MALLA CICLONICA					
Nº	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE
1	Trazo y nivelación de terreno natural para la construcción del área de lumbreira .	M2	121.00	\$ -	\$ -
2	Suministro e instalación de malla ciclónica de 2.50m de altura para delimitar el acceso a mina incluye accesorios para su instalación, herramientas y mano de obra.	ML	18.30	\$ -	\$ -
3	Construcción de cadena de desplante para malla ciclónica, de concreto pobre con una resistencia de 100Kg/cm2 incluye cimbra, mano de obra y herramientas.	ML	18.30	\$ -	\$ -
4	tendido de grava de 3/4 en patio de lumbreira	M2	105.30	\$ -	\$ -
<b>CONSTRUCCION DE MURO DE MANPOSTERIA.</b>				Total	\$ -
6	construcción de muro de contención de manposteria con 60 cm de corona , base de piedra brasa asentado con mortero cemento arena.	M3	320.00	\$ -	\$ -
7	acarreo de materiales de banco planta de trituración al área de construcción de muro sobre terreno sinuoso.	lote	1.00	\$ -	\$ -
8	limpieza durante y al final de la obra.	lote	1.00	\$ -	\$ -
<b>ESCALONES FUERA DE CUARTO DE CONTROL</b>				Total	\$ -
1	Trazo y nivelación de área en construcción de escalones	M2	3.00		
2	Construcción de escaloe concreto con una resistencia de f'c= 200 Kg./cm2.	M3	0.08		
3	limpieza durante y al final de la obra.	lote	0.08		
				<b>Total</b>	<b>\$ -</b>

A continuación, se muestra una serie de imágenes seleccionadas a través del desarrollo del proyecto:

Diagrama 03. Desarrollo del proyecto

Cimentación y construcción ventilador



Cimentación y construcción cuarto de control



Muro perimetral y malla ciclónica



## CIMENTACIÓN DE VENTILADOR

Como se muestra en las imágenes y debido al desnivel del terreno, la cimentación del ventilador se inicia a partir del macizo rocoso. Se construye un muro ciclópeo perimetral de 0.40 m de ancho que encajona los tres dados de carga y cuya finalidad consiste en evitar la vibración y el desplazamiento del equipo. El concreto utilizado se proyectó con una resistencia de  $f_c' = 150 \text{ kg/cm}^2$  para la cimentación ciclópea y de  $f_c' = 250 \text{ kg/cm}^2$  en cada dado, mismos que se encuentran ahogados en el cajón ciclópeo y armados entre sí a una parrilla de varilla de 1/2 ". Por otra parte, las varillas de 1/2 " y 3/4 " en donde se fijaría el ventilador vienen ahogadas desde el armado de cada dado.

### Cuarto de control

Sus dimensiones son de 5.0 x 5.0 m de lado por 3.5 m de altura, habilitando una puerta de lámina de 3.0 x 2.5 m con escalones y descanso. Se incluyeron seis ventanales laterales de 2.0 x 0.5 m para la ventilación del arrancador y del variador de frecuencia del equipo. Toda la construcción se realizó con base en los estándares de obra de la región y utilizando los materiales de la zona.

### Muro perimetral y malla ciclónica

El volumen del muro perimetral es de  $320 \text{ m}^3$  cubriendo los flancos sur, este y noreste del área de la lumbrera. La longitud de cadena para el desplante de la malla ciclónica fue de 96 m, la cual fue colocada con serpentín y a una altura de 2.5 m; también se instaló una puerta de acceso de malla ciclónica con serpentín de 4.0 x 2.5 m.

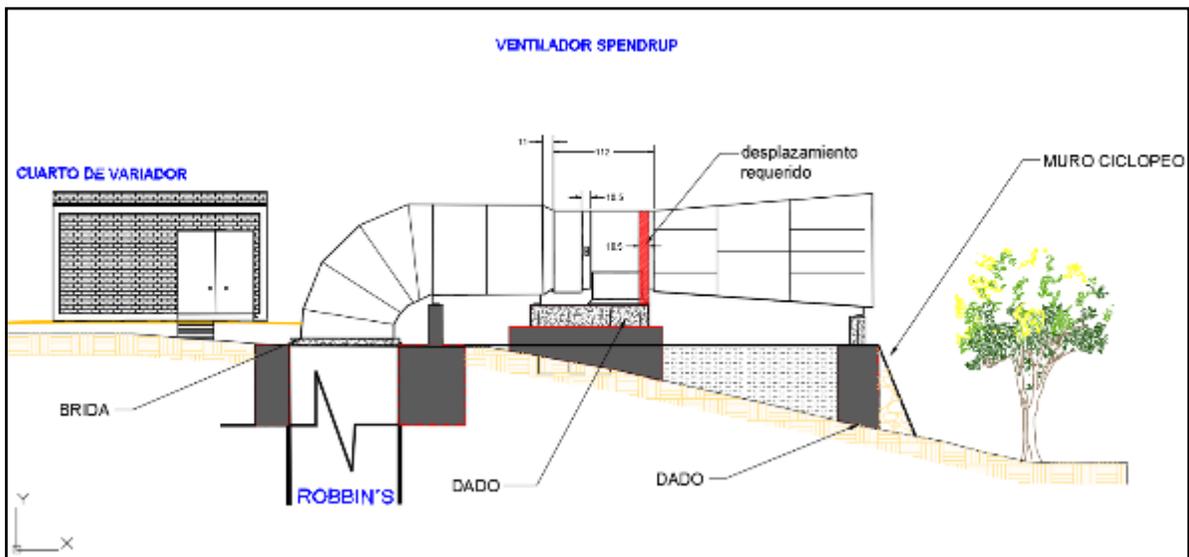
Adicionalmente se consideró lanzar concreto en el brocal del contrapozo para evitar la erosión por efecto del intemperismo y se anilló con placa de acero de 5 mm de espesor para nivelar el área del brocal. Posteriormente se fijó una brida para tener la amplitud necesaria para el correcto acoplamiento del codo del ventilador al brocal del pozo, de esta forma, cada vez que sea necesario llevar a cabo el mantenimiento al ventilador, se puede retirar el codo y evitar el desplazamiento del rotor y las aspas, (ver ilustración 32) brocal y el diseño de brida.



*Ilustración 32. Brocal anillado y brida*

Al mismo tiempo, se construyen los registros para la conducción de la energía eléctrica y el sistema de tierra física; la colocación de arbotantes junto con el alumbrado del cuarto de control; el tendido de la línea de comunicación y datos entre el ventilador y el variador de frecuencia; así como los sistemas de monitoreo de flujo, vibración, temperatura y presión.

Para la instalación del ventilador, en primera instancia se coloca el rotor en el dado central y sobre una placa de caucho conocida en el ambiente industrial como Vibracheck, la cual ayuda considerablemente a reducir las vibraciones. Una vez en el área, se inicia el ensamble del codo, el difusor y la campana, con los dados, revisando la nivelación y las distancias entre segmentos del ventilador. En ese momento se observó un desplazamiento de 23.7 cm (10.5") entre el difusor y la campana con respecto al rotor en el dado central. Lo anterior no fue considerado en la ingeniería inicial, debido a que no se tomó en cuenta un acoplamiento del motor con las aspas del rotor en el diseño de la obra civil (ver la ilustración 33, y el detalle en el plano 05 de la sección de anexos). La acción que se tomó para resolver la situación consistió en desplazar el equipo hacia el frente ya que se tenía espacio en los dados central y de campana, además se instalaron dos anclas químicas de cementación marca HILTI para fijar el motor en la posición una vez desplazado; lo anterior motivó una reclamación a Spendrup por la situación de no haber previsto el error en la ingeniería enviada y ocasionar ajustes imprevistos en la instalación del equipo.



*Ilustración 33. Desplazamiento de rotor*

Resuelta la situación, se instala el difusor y la campana, se energiza el motor y se conecta al arrancador y variador de frecuencia. Durante las pruebas de arranque y paro ejecutadas por el departamento de mantenimiento eléctrico y los contratistas, se revisan los parámetros de medición que se mostrarán el panel-view (ver ilustraciones 34 y 35). El ventilador queda trabajando al 75% de su capacidad es decir a 45 Hz y 900 rpm, y con el variador de frecuencia se programa la mayor demanda de energía en un horario entre turnos, optimizando con ello el uso del variador de frecuencia hasta 60 Hz y 1180 rpm para operar al 100% de su capacidad de extracción de aire viciado. Cabe señalar que hasta ese momento, aún no se conectaba el codo con el ventilador ni con el contrapozo, ya que no se había determinado la posición final del aspa.

Para esta última tarea, se realizó un análisis de la presión total de la mina en las nuevas condiciones, aplicando dos procedimientos, la fórmula de Atkinson y por diferencial de presiones. Con estos resultados y en comparación con la curva del ventilador, se obtuvo la posición de trabajo requerida por el equipo. A continuación se muestra el cálculo y los análisis realizados.



*Ilustración 34 y 35. Variador de frecuencia y prueba de arranque y paro*

### POR FÓRMULA DE ATKINSON

Para cada uno de los niveles de la mina donde se tiene el flujo de aire, se analiza y calcula el caudal de las obras generales o ramales principales. Para esta actividad se utilizó un termo-anemómetro digital marca EXTECH, con el que se calcula la velocidad del aire y su temperatura de cada una de las obras evaluadas, y con esta información se realizó una hoja de cálculo para conocer el caudal multiplicando la velocidad por el área de la sección de cada punto de muestra de las obras mineras.

Fórmula aplicada para estimar el flujo fue,  $Q = V \cdot A$  donde:

- Velocidad (V) se expresa en m/s o ft/s
- Área (A) se expresa en m<sup>2</sup> o ft<sup>2</sup>
- Caudal (Q) se expresa en m<sup>3</sup>/s o ft<sup>3</sup>/m, comúnmente en la industria minera Mexicana se utiliza el término de ft<sup>3</sup>/m

La fórmula se ocupó en la hoja de cálculo diseñada para tal efecto, y a continuación se muestra un ejemplo (tabla 15) de la hoja de cálculo del caudal en pies cúbicos por minuto y su conversión a pies cuadrados:

*Tabla 15. Cálculo de caudal galería SE*

Place	Date	Time	Value	Unit	Value	Unit							
698	41556	02:11:25 p. m.	137	FPM	29	AMTemp C	velocidad	temp	ancho	altura	caudal		
699	41556	02:11:35 p. m.	198	FPM	28.8	AMTemp C	145.56	28.42	5.4	4.0	33,841.73	FCM	
700	41556	02:11:45 p. m.	157	FPM	28.8	AMTemp C							
701	41556	02:11:55 p. m.	163	FPM	28.6	AMTemp C			galería SE 280				
702	41556	02:12:05 p. m.	143	FPM	28.3	AMTemp C							
703	41556	02:12:15 p. m.	143	FPM	28.3	AMTemp C							
704	41556	02:12:25 p. m.	151	FPM	28.1	AMTemp C							
705	41556	02:12:35 p. m.	120	FPM	28	AMTemp C							
706	41556	02:12:45 p. m.	98	FPM	27.9	AMTemp C							

Con el caudal de cada conducto, su longitud y una sección característica de 5.0 x 4.0 m, se aplicó la fórmula de Atkinson (ilustración 36):

$$H_f = R Q^2$$

$$H_f = \frac{K P L}{5.2 A^3} Q^2$$

DONDE

- Hf = Pérdida de presión por fricción en pulg. H<sub>2</sub>O.
- V = velocidad en f/min.
- f = Coeficiente de fricción.
- R<sub>H</sub> = Radio hidráulica.
- K = Factor fricción.
- P = Perímetro en pies.
- L = Longitud en pies y
- A = Área en ft<sup>2</sup>.

O SU EQUIVALENTE

$$H_f = R Q^2$$

DONDE

- R = resistencia de la mina expresada en unidades inglesas de resistencia.
- Q = caudal en ft<sup>3</sup>/min.

*Ilustración 36. Fórmulas aplicadas (ecuación de Atkinson)*

Para el cálculo del coeficiente de fricción se ocupó la siguiente tabla (Camacho Ortega apuntes de ventilación, 2000), tomando el valor promedio de una obra minera sinuosa moderada, poco obstruida, y con un tipo de roca sedimentaria; este criterio se toma considerando que el acarreo de camiones sólo se presenta en los niveles 240, 260 y 280 al 180 por la rampa general, con cinco camiones de 40 Toneladas en ciclos de 15 min/viaje, por lo cual se considera poco obstruida con un valor de 75.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN K PARA LABORES MINERAS													
VALOR DEL COEFICIENTE "K" X 10 <sup>-10</sup>													
TIPO DE LABOR MINERA	IRREGULARIDAD EN LA SUPERFICIE Y ALINEAMIENTO	RECTO			SINUOSO O CURVADO								
		POCO OBSTRUIDO			SUAVE			MODERADO			FUERTE		
		LIMPIO	OBSTRUIDO	OBSTRUIDO	LIMPIO	POCO OBSTRUIDO	MODERADAMENTE OBSTRUIDO	LIMPIO	POCO OBSTRUIDO	MODERADAMENTE OBSTRUIDO	LIMPIO	POCO OBSTRUIDO	MODERADAMENTE OBSTRUIDO
SUPERFICIE LISA	MINIMO	10	15	25	20	25	35	25	30	40	35	40	50
	PROMEDIO	15	20	30	25	30	40	30	35	45	40	45	55
	MAXIMO	20	25	35	30	35	45	35	40	50	45	50	60
ROCA SEDIMENTARIA	MINIMO	30	35	45	40	45	55	45	50	60	55	60	70
	PROMEDIO	55	60	70	65	70	80	70	75	85	80	85	95
	MAXIMO	70	75	85	80	85	95	85	90	100	95	100	110
CON MADERA	MINIMO	80	85	95	90	95	105	95	100	110	105	110	120
	PROMEDIO	95	100	110	105	110	120	110	115	125	120	125	135
	MAXIMO	105	110	120	115	120	130	120	125	135	130	135	145
ROCA IGNEA	MINIMO	90	95	105	100	105	115	105	110	120	115	120	130
	PROMEDIO	145	150	160	165	170	185	170	175	195	180	185	195
	MAXIMO	195	205	210	205	210	225	210	215	225	220	225	235

Estos valores están dados en lb-min<sup>2</sup>/ft<sup>4</sup> con una densidad estándar de 0.075 lb/ft<sup>3</sup>  
 Para cualquier aplicación acondicionar los valores de acuerdo a la elevación del lugar (k (DUD)).

*Tabla 16. Coeficiente de fricción "k" (fuente, Camacho G, apuntes de ventilación, 2000)*

A continuación se muestran los resultados considerando un circuito en paralelo del sistema:

Tabla 17. Cálculo de resistencia de la mina por fórmula de Atkinson

<b>RESISTENCIA MINA</b>			
<b>SECCION TIPICA DE RAMPA Y GALERIAS PERIMETRALES.</b>			
	<b>MTS</b>	<b>PIES</b>	
<b>ALTURA</b>	4	13.12336	
<b>ANCHO</b>	5	16.4042	
<b>PERIMETRO</b>	18	59.05512	
<b>AREA</b>	20	215.2782221	
<b>COEFICIENTE DE FRICCION</b>		0.000000075	lb-min <sup>2</sup> /pie <sup>4</sup>
<b>LONGITUD TOTAL POR NIVEL</b>			$R = \frac{K P L}{5.2 A^3}$
	<b>MTS</b>	<b>PIES</b>	<b>RESISTENCIA</b>
RPA SUP-180	800	2624.6720	2.24073E-10
N-180	685	2247.3754	1.91863E-10
RPA-180-240	740	2427.8216	2.07268E-10
N-220	400	1312.3360	1.12037E-10
N-240	178	583.9895	4.98563E-11
N-260	690	2263.7796	1.93263E-10
N-280	850	2788.7140	2.38078E-10
RPA-280-300	350	1148.2940	9.80321E-11
			1.64309E-10
<b>RESISTENCIA PROMEDIO MINA</b>		1.64309E-10	pulg-min/pie <sup>6</sup>
<b>PRESION TOTAL MINA</b>		<b>Hf = R Q<sup>2</sup></b>	
	<b>Q (PIES<sup>3</sup>/MIN)</b>	<b>R (pulg-min<sup>2</sup>/pie<sup>6</sup>)</b>	<b>H (in de H2O)</b>
RPA SUP-180	75,000.00	2.2407E-10	1.26041
N-180	50,000.00	1.9186E-10	0.47966
RPA-180-240	5,600.00	2.0727E-10	0.00650
N-220	12,000.00	1.1204E-10	0.01613
N-240	10,000.00	4.9856E-11	0.00499
N-260	23,000.00	1.9326E-10	0.10224
N-280	77,000.00	2.3808E-10	1.41156
RPA-280-300	1,000.00	9.8032E-11	0.00010
	253,600.00		3.2816

La caída de presión total de la mina obtenida por fórmula de Atkinson es de 3.28 pulgadas de agua.

## CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MINA POR DIFERENCIA DE PRESIONES

Para calcular la caída de presión de la ventilación natural, se llevó a cabo un análisis comparativo entre columnas de igual altura, tomando en cuenta tanto la presión atmosférica como la densidad del aire.

Se estima que este método no es muy preciso al verse afectado por la omisión del vapor de agua en la mina, por lo que sólo se realizó como un apoyo y referencia para conocer la presión total de la mina.

Para llevar a cabo el cálculo de la resistencia, se utilizaron las siguientes fórmulas (Orellana, 2009) (ilustración 37):

$$L_a \left( \frac{P_3}{P_1} \right) = \frac{L}{RT} \quad L_a \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = \frac{L}{RT}$$

DONDE

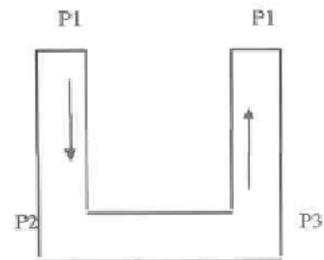
$p_1$  = Presión absoluta de la parte superior de la columna.

$p_2$  = Presión absoluta de la parte inferior de la columna.

$\bar{T}$  = Es el promedio de la temperatura absoluta entre la parte superior e inferior de la columna.

R = Es la Constante

L = Es la distancia entre el diferencial de alturas



$$H_n = 13.6(P_2 - P_3), \text{ (pulg H}_2\text{O)}$$

$$H_n = 13.6(P_2 - P_3), \text{ (pulg H}_2\text{O)}$$

DONDE

$p_2$  y  $p_3$  son las presiones de la base inferior de las dos columnas de aire en pulgadas de mercurio.

$p_1$  es la presión atmosférica.

$H_n$  es la diferencia de presión en pulgadas de agua

*Ilustración 37. Fórmulas por diferencial de presiones (Orellana, 2009)*

Cuando tenemos dos columnas, entrada y salida de aire en una mina, existe una presión  $P_3$ , que es la presión en el fondo de la columna 2. La diferencia de presión entre las dos columnas es la correspondiente a la ventilación natural.

Se tomaron muestras de la caída de presión y temperatura en los diferentes puntos de la mina, con respecto a tiros generales entradas y salida de flujo lumbrera. Con esta información se generó la siguiente tabla de cálculo:

Tabla 18. Cálculo de la resistencia de la mina por diferencia de presiones

SUPERFICIE		LUMBRERA NW						
ELEVACION m.s.n.m		1934						
Pulg Hg		24.01						
Temp F°		75.2						
TEMP R°		535.2						

SUPERFICIE		TIRO 06						
ELEVACION m.s.n.m		1954						
Pulg Hg		23.86						
Temp F°		75.2						
TEMP R°		535.2						

MINA		N-50	N-95	N-180	N-240	N-260	N-280	N-300
ELEVACION m.s.n.m		1833.451	1788.451	1703.451	1643.451	1623.451	1603.451	1583.451
Pulg H2O		328.52	331.21	334.42	336.51	337.47	338.07	338.87
Temp F°		74.21	78.67	75.902	76.568	80.78	77.54	80.6
TEMP R°		534.21	538.67	535.90	536.57	540.78	537.54	540.60
L		367.43	504.59	763.67	946.55	1007.51	1068.47	1129.43
P2		1.012951659	1.017829293	1.027106775	1.033706454	1.035915758	1.038129783	1.040348540
P3		1.012975816	1.017862628	1.027157685	1.033769962	1.035983500	1.038201778	1.040424805
Hn		-0.078388883	-0.108169689	-0.165202264	-0.206080864	-0.219822149	-0.233621283	-0.247478451

SUPERFICIE		TIRO 01						
ELEVACION m.s.n.m		1883						
Pulg Hg		24.08						
Temp F°		75.2						
TEMP R°		535.2						
MINA		N-50	N-95	N-180	N-240	N-260	N-280	N-300
ELEVACION m.s.n.m		1833.451	1788.451	1703.451	1643.451	1623.451	1603.451	1583.451
Pulg H2O		328.52	331.21	334.42	336.51	337.47	338.07	338.87
Temp F°		74.21	78.67	75.902	76.568	80.78	77.54	80.6
TEMP R°		534.21	538.67	535.90	536.57	540.78	537.54	540.60
L		151.03	288.19	547.27	730.15	791.11	852.07	913.03
P2		1.005303327	1.010144132	1.019351564	1.025901412	1.028094034	1.030291342	1.032493346
P3		1.005313181	1.010163026	1.019387772	1.025950030	1.028146824	1.030348322	1.032554533
Hn		-0.032274031	-0.061881869	-0.118586096	-0.159231636	-0.172894996	-0.186616087	-0.200395091

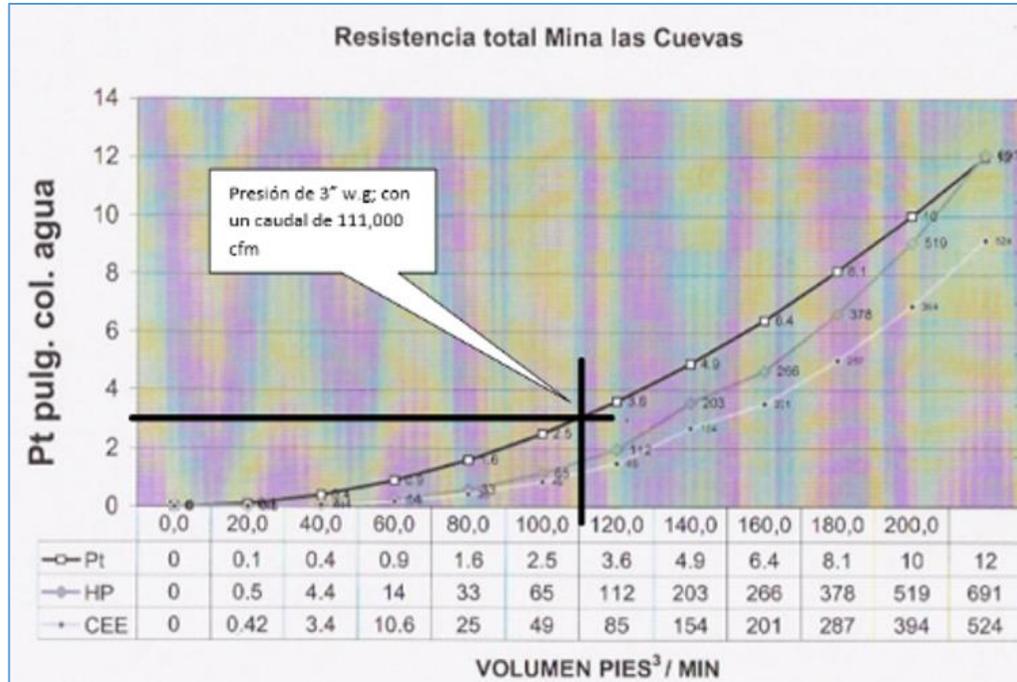
SUPERFICIE		TIRO 03						
ELEVACION m.s.n.m		1929						
Pulg Hg		23.94						
Temp F°		75.2						
TEMP R°		535.2						
MINA		N-50	N-95	N-180	N-240	N-260	N-280	N-300
ELEVACION m.s.n.m		1833.451	1788.451	1703.451	1643.451	1623.451	1603.451	1583.451
Pulg H2O		328.52	331.21	334.42	336.51	337.47	338.07	338.87
Temp F°		74.21	78.67	75.902	76.568	80.78	77.54	80.6
TEMP R°		534.21	538.67	535.90	536.57	540.78	537.54	540.60
L		291.23	428.39	687.47	870.35	931.31	992.27	1053.23
P2		1.010251970	1.015116604	1.024369360	1.030951450	1.033154865	1.035362989	1.037575833
P3		1.010271066	1.015144829	1.024415068	1.031009690	1.033217317	1.035429672	1.037646764
Hn		-0.062166469	-0.091885286	-0.148800167	-0.189595213	-0.203308558	-0.217079709	-0.230908849

PRESION TOTAL DE MINA

3.33

La sumatoria del diferencial en la caída de presiones ( $\sum H_n$ ) de cada uno de los puntos analizados en la muestra, se obtiene una caída de presión de mina de 3.33 pulg de agua.

De acuerdo con los resultados obtenidos y comparando con la curva de resistencia de la mina, se determina que la presión con la que trabaja la mina es de 3 pulgadas de columna de agua, por lo cual se obtendría un caudal natural de aire aproximado de 52.4 m<sup>3</sup>/s (111,000 pcm) (véase ilustración 38).



*Ilustración 38. Curva característica de la resistencia de la mina*

Se compara el flujo real de salida de la lumbrera NW con el proyectado en la curva resistencia; el caudal de salida es de 43m<sup>3</sup>/s (92,000 pcm) de aire, siendo un 17% menor respecto a lo predicho en la curva.

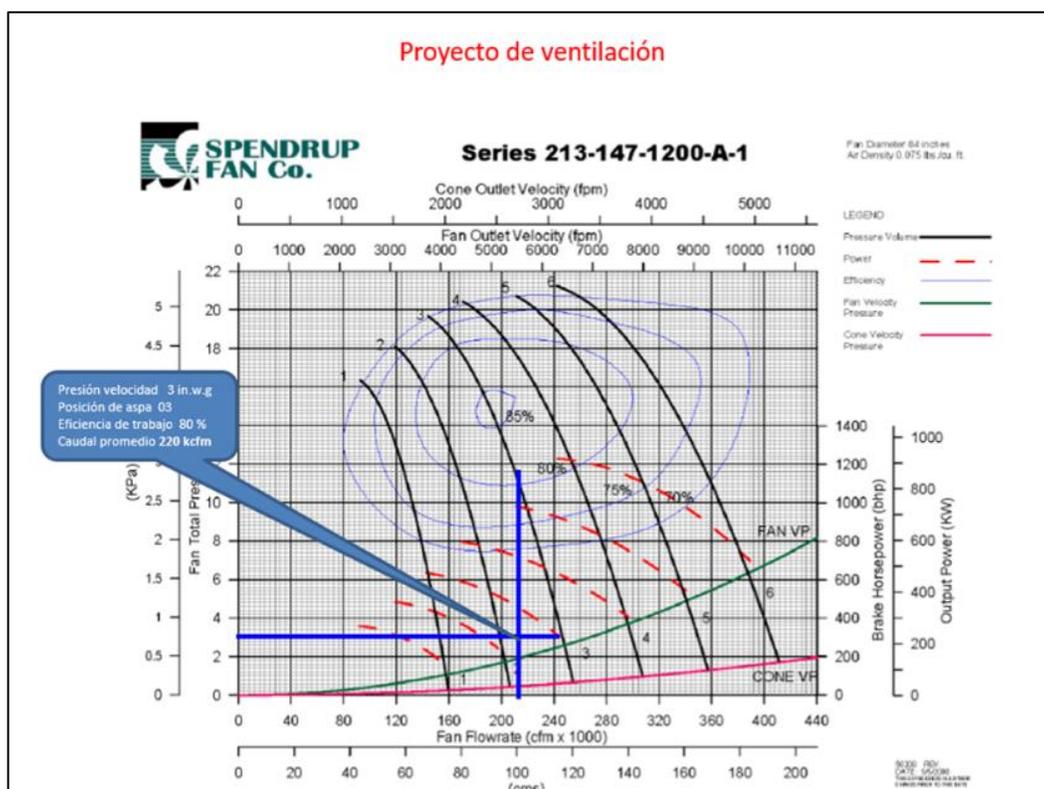
Las necesidades de aire con base al balance de ventilación al momento de realizar este estudio se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 19. Resumen de balance de flujo en niveles de operación*

Nivel	Requerido	Ingreso	Diferencia	%
240	32,679.96 PCM	10,190.00 PCM	22,489.96 PCM	69%
260	29,078.96 PCM	30,900.00 PCM	-1,821.04 PCM	-6%
280	96,145.20 PCM	68,765.00 PCM	27,380.20 PCM	28%
300	50,819.48 PCM	47,100.00 PCM	3,719.48 PCM	7%
<b>Totales</b>	<b>208,723.60 PCM</b>	<b>156,955.00 PCM</b>	<b>51,768.60 PCM</b>	<b>25%</b>

Como se aprecia en la tabla 19, se presenta un déficit del 25 % equivalente a 24.4 m<sup>3</sup>/s (51,768.6 pcm) en los caudales requeridos, de tal forma que la ventilación natural no alcanzaría a cubrir esta necesidad. Por ello se requiere trabajar con ventilación mecánica.

Finalmente se instala el ventilador en superficie, cabe mencionar que las aspas del ventilador vienen ajustadas de fábrica en la posición número 1, equivalente a 1.2 pulgadas de agua y 74.6 m<sup>3</sup>/s (158,000 pcm) de extracción de aire, insuficiente para cubrir las necesidades de flujo. Por lo anterior, se realizó un ajuste en las aspas a la posición número 3 para trabajar con 3 pulgadas de agua, la misma presión con la que trabaja la mina de forma natural, y así evitar los posibles daños de cavitación en el equipo por trabajar a una presión menor. Con esta última posición, la eficiencia de trabajo se incrementó del 70% al 80% (véase la gráfica en la ilustración 39), aumentando el caudal de succión de 74.6m<sup>3</sup>/s (158,000 pcm) a 103.8 m<sup>3</sup>/s (220,000 pcm), lo que equivale a un 28 % adicional a la posición inicial y cubriendo con ello la demanda de flujo respecto al balance de ventilación efectuado (Tabla 19).



*Ilustración 39. Curva característica de ventilador Spendrup*

Finalmente queda concluida la instalación del ventilador (véase, ilustraciones 40 y 41) a una presión de trabajo de 3 pulgadas de agua y con un caudal promedio de 101.5 m<sup>3</sup>/s (215,000 pcm) de aire, ventilando la mina hasta el nivel 280 y continuando a nivel 300 a través de la profundización de la lumbrera NW con un contrapozo convencional ampliado a 3.05 m (10 pies) de diámetro.



*Ilustración 40 y 41. Instalación final y puesta en marcha*

## **PROFUNDIZACIÓN DE LA LUMBRERA CENTRAL Y CAMBIO DE POSICIÓN DEL VENTILADOR**

Continuando con la programación a largo plazo se desarrolla un segundo circuito para la inyección de aire fresco a la mina. Con el apoyo del programa de simulación Ventsim, se proyectó una nueva trayectoria y profundización de la lumbrera central desde nivel 50 hasta nivel 280. En un principio esta lumbrera funcionaba como extracción de aire viciado desde el nivel 180 hasta la superficie. Sin embargo, la simulación permitió observar que al inyectar aire por esta lumbrera, la nueva trayectoria generaría un flujo de  $37.7\text{m}^3/\text{s}$  (80,000 pcm) hasta los niveles 280, 300 y 320; lo anterior considera las pérdidas de aire por la rugosidad de la roca así como las choques por las desviaciones en la trayectoria del flujo. Con este ingreso se podrá ventilar principalmente el cuerpo G en el área sureste además del taller mecánico ubicado en el nivel 300.

Una vez que la contratista MASTERDRILLING terminó el contrapozo NW, la máquina Robbin's se desplazó a la nueva posición en el nivel 50 al interior de la mina para ejecutar el pozo de 10 pies de diámetro con una longitud de 245 m a una inclinación de  $88^\circ$ , iniciando labores el 18 de julio y terminando el proyecto de rimado el día 1° de agosto del 2013, con un total de 246.30 m y un costo de \$625,201.00 dólares americanos.

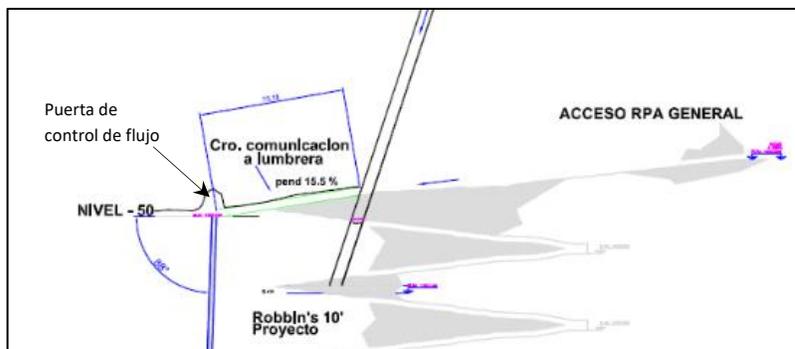
Como servicios y obras complementarias a este proyecto se desprendieron las siguientes actividades:

- Desarrollo de una rampa positiva con la nueva trayectoria
- Clausura de comunicación de la lumbrera central con la rampa general en el nivel 50
- Clausura de comunicación del nivel 50 con la rampa general
- Cambio de posición del ventilador en la lumbrera central, de extracción de aire viciado a inyección de aire fresco

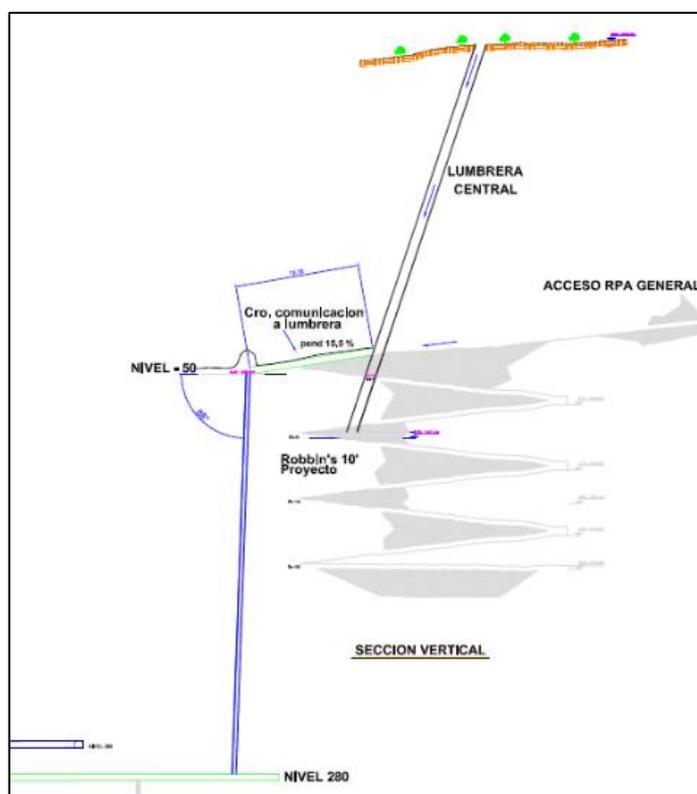
La rampa de ventilación tendría una longitud de 76 m, con sección de  $5.0 \times 4.0$  m y una pendiente de +15.5% y cuyo propósito consiste en comunicar el nuevo contrapozo de 10 pies a la lumbrera central. Se coloca una puerta de control de flujo en el nivel 50 (ilustración 42, véase el detalle de la sección en el anexo plano 06), y con esta acción se forzará la bajada de aire por el pozo hasta nivel 280. Además, se colocó un tapón en la lumbrera central a nivel de la comunicación con la rampa de ventilación desarrollada; el objetivo de este tapón consistiría en impedir el escape de aire por la lumbrera central y

forzar el flujo por el nuevo contrapozo. A continuación se muestran los diagramas del proyecto donde se aprecia la ubicación de las obras mencionadas.

Sección de proyecto donde se aprecia el diseño general del contrapozo Robbin's de 3.05 m (10 pies) de diámetro con una profundidad de 245 m y una inclinación de 88°, (ilustración 43, véase detalle de sección en anexo plano 06):

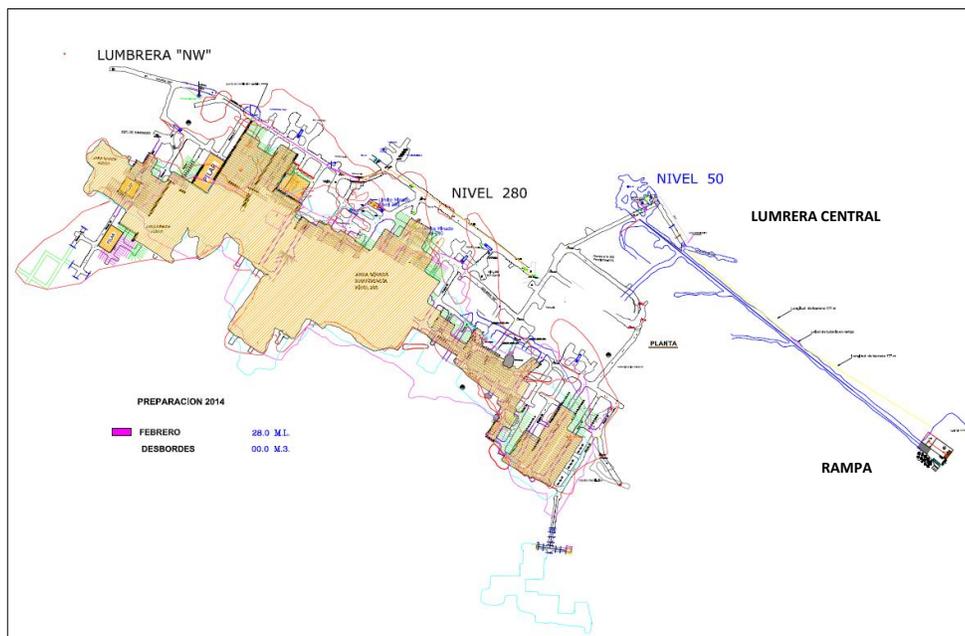


*Ilustración 42. Sección general del proyecto, ubicación de tapón y puerta*



*Ilustración 43. Sección general del proyecto*

Planta general de proyecto donde se aprecia la llegada del pozo desde el nivel 50 al 280 y el desarrollo de la rampa positiva para la conducción de aire fresco en el nivel 50 (Ilustración 44, véase el detalle de la planta en el anexo plano 07).



*Ilustración 44. Planta general del proyecto.*

Una vez concluidas las obras, se procedió con el cambio de posición del ventilador ubicado en el brocal de la lumbra central para la inyección de aire fresco. Las maniobras se realizaron con equipo propio de la empresa y el departamento de mantenimiento de la mina. A continuación, se muestra la secuencia de imágenes del cambio de posición del ventilador (ilustración 45):



*Ilustración 45. cambio de posición lumbra central*

Finalmente, en septiembre de 2014 se realizó un balance de ingreso de flujos de aire fresco y el resultado demostró que por la lumbrera central ingresaba un caudal promedio de 33.6 m<sup>3</sup>/s (71,200 pcm) representando un 89 % respecto a lo simulado en Ventsim. A continuación se muestra la tabla y el balance de flujos:

*Tabla 19. Balance de flujos.*

NIVEL	PROYECTADO VENTSIM	FLUJO REAL EN DIFERENTES NIVELES			DIFFERENCIA	
Nivel 280	39,000.00	PCM	35,157.77	PCM	3,842.23	PCM
Nivel 300	32,000.00	PCM	28,132.56	PCM	3,867.44	PCM
Nivel 320	9,000.00	PCM	7,992.20	PCM	1,007.80	PCM
	<u>80,000.00</u>	PCM	<u>71,282.53</u>	PCM	<u>8,717.47</u>	PCM
PORCENTAJE					89%	

### COMUNICACIÓN DEL NIVEL 300 ENTRE LOS CUERPOS G Y E

Al momento de diseñar el programa integral de ventilación, se consideró realizar la comunicación entre los cuerpos G y E. Lo anterior debido a que la ubicación de las principales entradas de aire de la mina, en los tiros 6, 1 y 3, se encuentran en el cuerpo E. Los dos primeros comunican con el nivel 300, mientras que el tiro 3 comunica con el nivel 180. En este nivel se encuentra una antigua rampa por donde baja el aire limpio hacia los niveles 220E, 240E y 260E, los cuales no se encuentran en operación desde finales de los años setenta, que fue cuando se cambió la producción al cuerpo G.

Con tales antecedentes sobre el ingreso del aire por esta área, en el año 2012 se realizó una simulación en Ventsim para analizar el comportamiento de comunicar los dos cuerpos con una galería perimetral en el nivel 300, demostrándose que habría un flujo efectivo desde el SE hasta el NW. Esta idea ya se tenía contemplada desde el estudio que realizó el consultor, en aquel momento sólo se mencionó que sería benéfico comunicar los dos cuerpos con una galería perimetral la cual ayudaría también como galería general de acarreo en caso dado de retomar la explotación del cuerpo E.

En agosto del 2013 se inició el desarrollo de la galería perimetral en el nivel 300 hacia los extremos del cuerpo NW y SE, hasta comunicar con el cuerpo E. El programa de avance se elaboró con una fecha de término y cumplimiento en el mes de diciembre del 2014. Cabe aclarar que la obra se retrasó cinco meses por cuestiones de paro de contrato a la contratista minera MGA. Al cierre del año 2014 se realizó la renovación del contrato y precios, para retomar las labores por parte de la contratista a inicios del mes de marzo de 2015, concluyendo la obra el día 12 de mayo del mismo año.

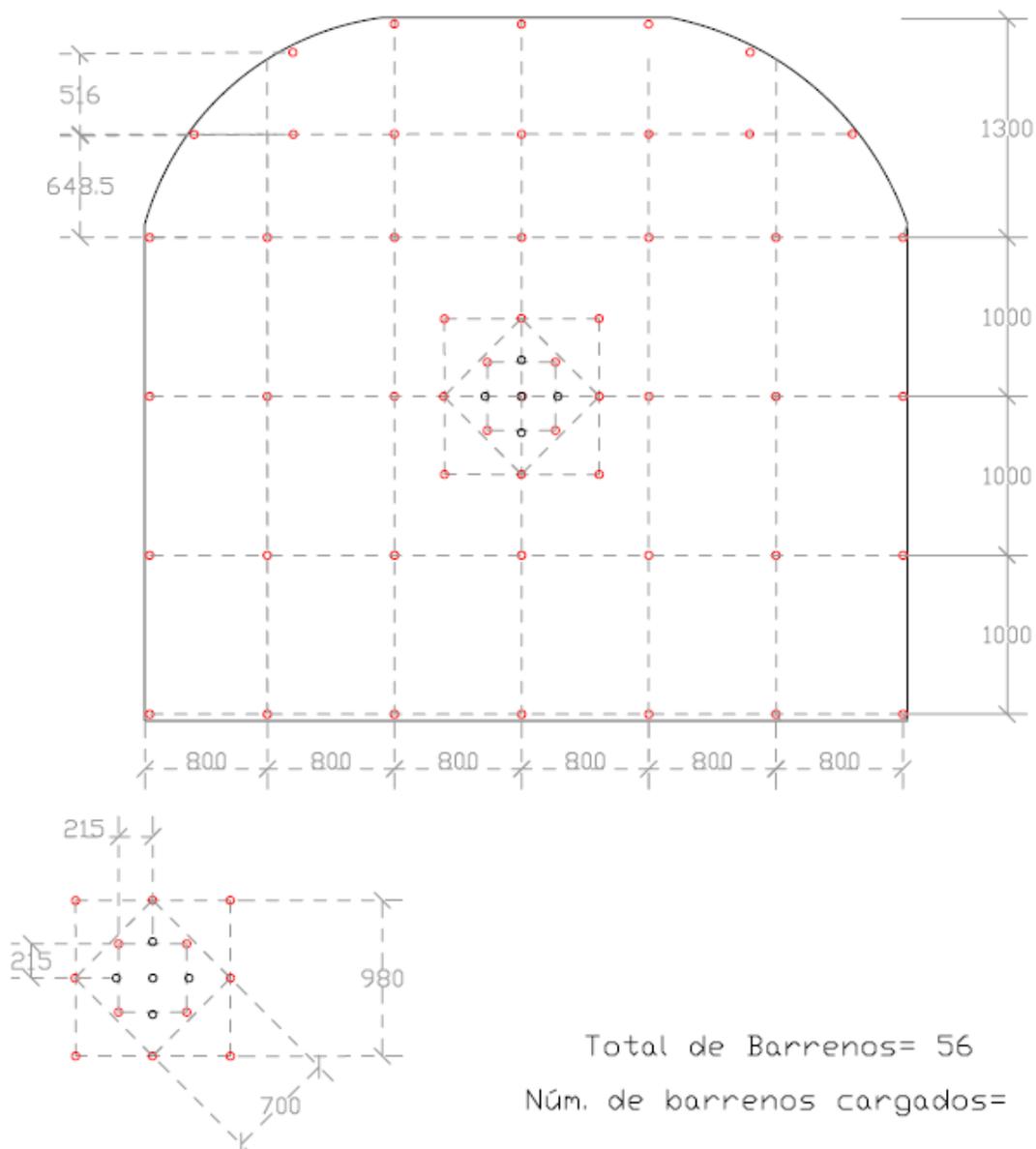
Datos del proyecto de desarrollo galería perimetral SE-300:

- Total de galería a desarrollar: 946 m
- Sección de la obra: 5.0 x 4.3 m
- Pendiente del proyecto: - 0.3 %
- Desarrollo de galería en roca caliza
- Factor de carga programado: 103.82 kg/m.
- Avance programado requerido: 4.05 m/disparo
- Eficiencia de avance: 90 %
- Número de disparo por día requeridos: 2

A continuacion se muestran las tablas con los factores de carga y el resumen del programa de desarrollo así como el diagrama de la plantilla de barrenación desarrollada por la contratista MGA:

Diagrama 04. Plantilla de barrenación en metros

PLANTILLA DE BARRENACION  
SECCION 5 x 4.30 (tepetate rampa)



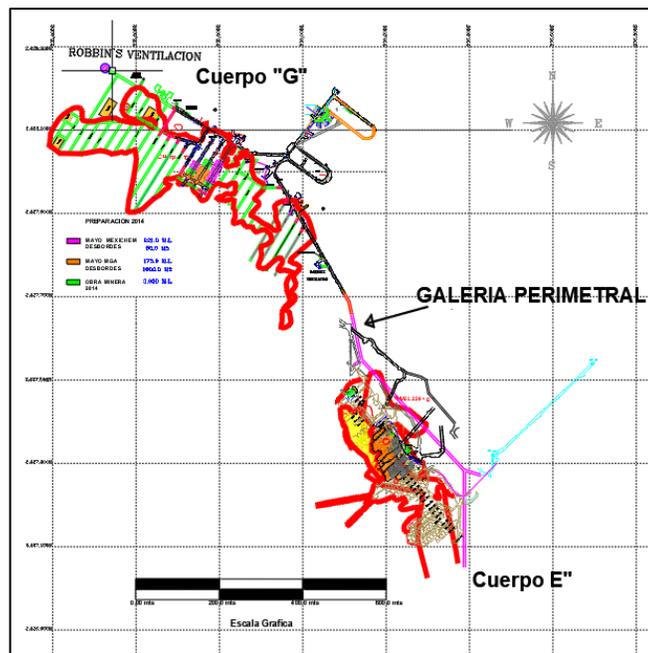
*Tabla 20. Avance programado vs real*

Resumen programa de preparación semana 35			Nivel 300	
Programado			Real	
Obra	N° de pegadas	Avance programado	avance real	% de avance
Galeria perimratral "SE" 300	14	56.7	60	106%
Cro de tiro 03 a nivel 300	7	28.35	25	88%
Nicho de plogas	3	12.15	13	107%
Taller nivel 300	7	28.35	27	95%
<b>Totales</b>	<b>31</b>	<b>125.55</b>	<b>125</b>	<b>99.6%</b>
<b>eficiencia de disparo</b>	<b>4.05 ml</b>			

*Tabla 21. Eficiencias y factores de carga*

Factor de carga semana 35			nivel 300			
obra	N° de pegadas	avance real	explosivo kg.	F.C kg/ml prog	F.C kg/ml real	%
Galeria perimratral "SE" 300	14	60	6820	103.82	113.67	109%
Cro de tiro 03 a nivel 300	7	25	2793	103.82	111.72	108%
Nicho de plogas	3	13	1293	101.2	99.46	98%
Taller nivel 300	7	27	2793	103.82	103.44	100%
<b>Totales</b>	<b>31</b>	<b>125</b>	<b>13699</b>	<b>103.17</b>	<b>107.07</b>	<b>104%</b>

Con el seguimiento y control de la obra, se logra culminar el proyecto de ventilación creando un ramal principal en el nivel 300, a través del cual recorre el aire fresco desde el extremo sureste hasta el extremo noroeste (ilustración 46, véase detalle sección de anexo plano 08), con esta obra se generan las condiciones de viabilidad para la conducción del aire en los próximos niveles de producción.



*Ilustración 46. Plano general nivel 300 cuerpos G y E*

A continuación, se muestran los datos sobre los balances de ventilación realizados antes, durante y después del término del proyecto. En dicha tabla se observa el incremento de la demanda de aire fresco en el año 2012, para atender los requerimientos de dos empresas contratista de acarreo para tepetate, por lo cual la demanda de aire aumentó, finalmente en el 2014 se tiene una diferencia positiva ya concluidos los circuitos NW y central:

COMPARATIVA DE VENTILACION DURANTE LA EJECUCION DE PROYECTO.

CUADRO COMPARATIVO MAYO 2008		
REQUERIDO	280,000.00	PCM
ACTUAL	242,506.10	PCM
FALTANTE	37,493.90	PCM

87%  
13%  
100%

CUADRO COMPARATIVO MAYO 2012		
REQUERIDO	415,095.75	PCM
ACTUAL	209,725.00	PCM
DIFERENCIA	205,370.75	PCM

51%  
49%  
100%

CUADRO COMPARATIVO MARZO 2009		
REQUERIDO	284,682.11	PCM
ACTUAL	242,506.10	PCM
FALTANTE	42,176.01	PCM

85%  
15%  
100%

CUADRO COMPARATIVO NOVIEMBRE 2013		
REQUERIDO	325,069.00	PCM
ACTUAL	223,845.00	PCM
DIFERENCIA	101,224.00	PCM

69%  
31%  
100%

CUADRO COMPARATIVO MAYO 2010		
REQUERIDO	284,947.11	PCM
ACTUAL	202,858.19	PCM
FALTANTE	82,088.92	PCM

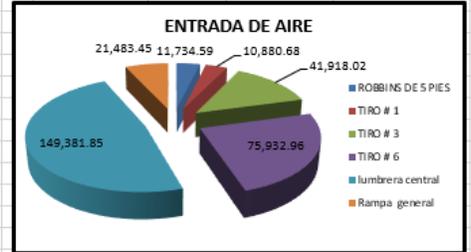
71%  
29%  
100%

CUADRO COMPARATIVO SEPTIEMBRE 2014		
REQUERIDO	245,937.16	PCM
ACTUAL	311,331.57	PCM
DIFERENCIA	- 65,394.41	PCM

127%  
-27%  
100%

ANALISIS DE VENTILACIÓN									
<i>EQUIPO MOVIL INTERIOR MINA</i>									
<i>EQUIPO DIESEL OPERADO EN MINA</i>									
Equipo	No unidades	disponibilidad	produccion	Hp/unidades	Hp/totales	% utilizacion	total hp		
<b>EQUIPOS MEXICHEM</b>									
Scoop Tram 6 yd3	3	65%	1.95	300	595	80%	468		
Scoop Tram 8 yd3	1	65%	0.65	300	195	80%	156		
Camiones 40 ton	6	85%	5.10	240	1224	80%	979.2		
Anfoloder	2	85%	1.70	87	147.9	40%	59.16		
Jumbos freateros	2	85%	1.70	140	238	10%	23.8		
Jumbos B.larga	1	85%	0.85	140	119	10%	11.3		
Pauss	1	35%	0.35	80	76	40%	30.4		
Camionetas	2	35%	1.90	100	190	20%	38		
sub total					<b>2774.9</b>		<b>1766.46</b>		
<b>EQUIPOS CONTRATISTAS</b>									
Pailoder	0	30%	0	300	0	60%	0		
Camiones 20 ton	0	30%	0	207	0	80%	0		
Camionetas	4	35%	3.8	100	380	20%	76		
Jumbos freatero	1	35%	0.35	140	133	10%	13.3		
Scoop Tram 6 yd 3	2	35%	1.5	300	570	80%	456		
sub total					<b>1083</b>		<b>545.3</b>		
totales							2,311.76		
15%	Tiempo muerto						2,658.52		
<i>PERSONAL INTERIOR MINA (mexichem y contratista)</i>									
OPERACIÓN MINA							23		
OPERACIÓN MGA							15		
TOVAR							0		
OBRA CIVIL Y PAILERIA							10		
GEOLOGIA Y TOPOGRAFIA							5		
SUPERVISOR							5		
TOTAL							<b>58</b>		
FACTOR PARA PERSONAL		15%					66.7		
<p>DE ACUERDO A LA <b>NOM-023-STPS-2012</b> TRABAJO EN MINAS-CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, Y SOBRE TODO POR ESTÁNDARES DE FABRICANTES SE RECOMIENDA TOMAR UN VOLUMEN ENTRE <b>15.2 PCM</b> POR CABALLO DE FUERZA.</p> <p>TOMANDO UN PROMEDIO EN <b>PCM</b> DE: <b>90</b> POR HP SE REQUIERE UN VOLUMEN DE AIRE FRESCO DE: <b>239,267.16</b> <b>PCM</b>.</p> <p>DE ACUERDO A LA <b>NOM-023-STPS-2012</b> TRABAJO EN MINAS-CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, POR TRABAJADOR SE RECOMIENDA TOMAR UN VOLUMEN ENTRE <b>53 PCM</b> POR PERSONA.</p> <p>TOMANDO UN PROMEDIO EN <b>PCM</b> DE: <b>100</b> POR PERSONAL SE REQUIERE UN VOLUMEN DE: <b>6,670.00</b> <b>PCM</b>.</p>									
<p><b>CANTIDAD DE FLUJO (PCM) SEGÚN NORMA MSHA DE SEGURIDAD MINERA EN ESTADOS UNIDOS DE AMERICA</b></p> <p><b>90.0 PCM</b> POR CADA CABALLO DE FUERZA DE EQUIPO MECANICO DIESEL</p> <p><b>100.0 PCM</b> POR CADA PERSONA QUE LABORE DENTRO DE MINA.</p>									

ENTRADA DE AIRE	
LUGAR	VOLUMEN PCM
ROBBINS DE 5 PIES	11,734.59
TIRO # 1	10,880.68
TIRO # 3	41,918.02
TIRO # 6	75,932.96
lumbreira central	149,381.85
Rampa general	21,483.45
<b>TOTAL</b>	<b>311,331.57</b>



BALANCE DE CAUDAL		
REQUERIDO	245,937.16	PCM
ACTUAL	311,331.57	PCM
DIFERENCIA	- 65,394.41	PCM

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Desde el comienzo, el panorama general y el objetivo del proyecto integral de ventilación eran claros, esto es, mejorar de manera sustancial la ventilación de la mina para el futuro desarrollo de los niveles inferiores a largo plazo, así como generar un sistema de ventilación con ramales y circuitos de ventilación definidos.

Al comunicar la nueva lumbrera NW, el cambio fue sustancial en toda la mina. Dicho cambio se vio reflejado en los comentarios del personal de la mina, tanto los operarios como la supervisión, al sentirse más cómodos en su trabajo diario, lo más notable fue el interés del minero al preguntar que otras mejoras se realizarían en la ventilación, esto fue un claro ejemplo del éxito del proyecto hasta esa etapa del proyecto.

Una vez ya establecidos los ramales de ventilación lumbrera NW y lumbrera central, los resultados deseados fueron tangibles, teniendo un desarrollo, avance de obras y crecimiento de la mina hacia los niveles inferiores a un mayor ritmo.

El resultado de todas las actividades anteriormente mencionadas en este trabajo, y durante el transcurso de los años, fueron mejorando la productividad, teniendo menores tiempos de espera al ingresar a los lugares de extracción, así como mejores condiciones de trabajo para el personal.

Dentro de estos resultados fue la modernización, automatización e infraestructura en la creación del sistema de ventilación lumbrera NW, otro gran resultado fue el aprovechamiento de equipo, infraestructura minera y profundización de la lumbrera central, con la creación del circuito lumbrera central, creando así, una aportación mayor de aire fresco a la mina, no hay que olvidar otro gran resultado, con la comunicación de la galería perimetral en el nivel 300, se desarrolló un ramal principal de ventilación que recorre toda la mina de sureste a noroeste, creando condiciones óptimas de trabajo al interior de la mina y generando alternativas para la conducción del aire a frentes de producción y desarrollo.

Otro resultado que no se menciona en este trabajo, es que posterior a todo este desarrollo anteriormente explicado, se dio pie a la creación un departamento de ventilación, que actualmente se encarga del monitoreo y control del sistema de ventilación, y eso en lo personal me agrada, ya que es la forma en que uno aporta y deja huella en los grupos de trabajo.

Finalmente se logra el objetivo planeado que consistía en un mayor flujo de aire fresco para las operaciones, mejores condiciones de trabajo, mayor productividad en los ciclos de trabajo, disminución de tiempos de operación y lo más importante la creación de un circuito de ventilación bien establecido para mina

## **BIBLIOGRAFIA.**

***CAMACHO ORTEGA, Gustavo***

Apuntes para el curso de ventilación (Inéditos)  
México  
F.I., U.N.A.M., 2000

***Norma Oficial Mexicana***

NOM-023-STPS-2012, Diario Oficial 11/10/12  
vigente.

***HARTMAN, et. al., (Eds.)***

Mine ventilation and air conditioning  
2nd edition  
New York  
[s.e.], 1982

***HUSTRULID, W.A., (Ed.)***

Underground mining methods handbook, Sec. 8  
New York  
Ventilation – New York, 1982

***LÓPEZ ABURTO, Víctor Manuel***

Ventilación en minas subterráneas (Inédita)  
México  
F.I., U.N.A.M., 1994

***OLALDE RODRIGUEZ, Guilibaldo.***

Apuntes de geología mina Las Cuevas (Inéditos)  
San Luis Potosí, México  
Las Cuevas, 1999

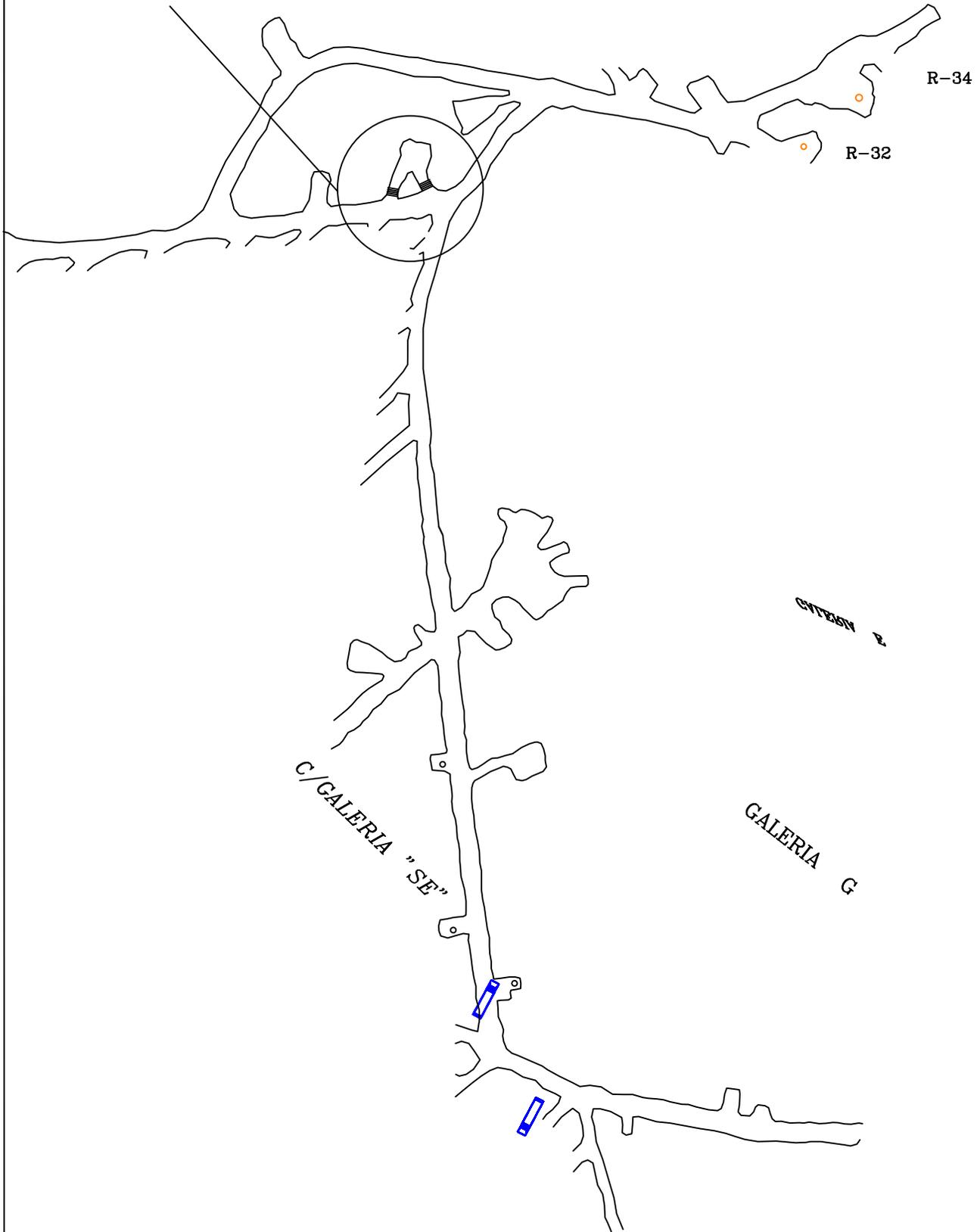
***ORELLANA WIARCO, Ariel H.***

Ventilación de minas (Inédita)  
Torreón, Coah, Mexico  
Mayo. 2009

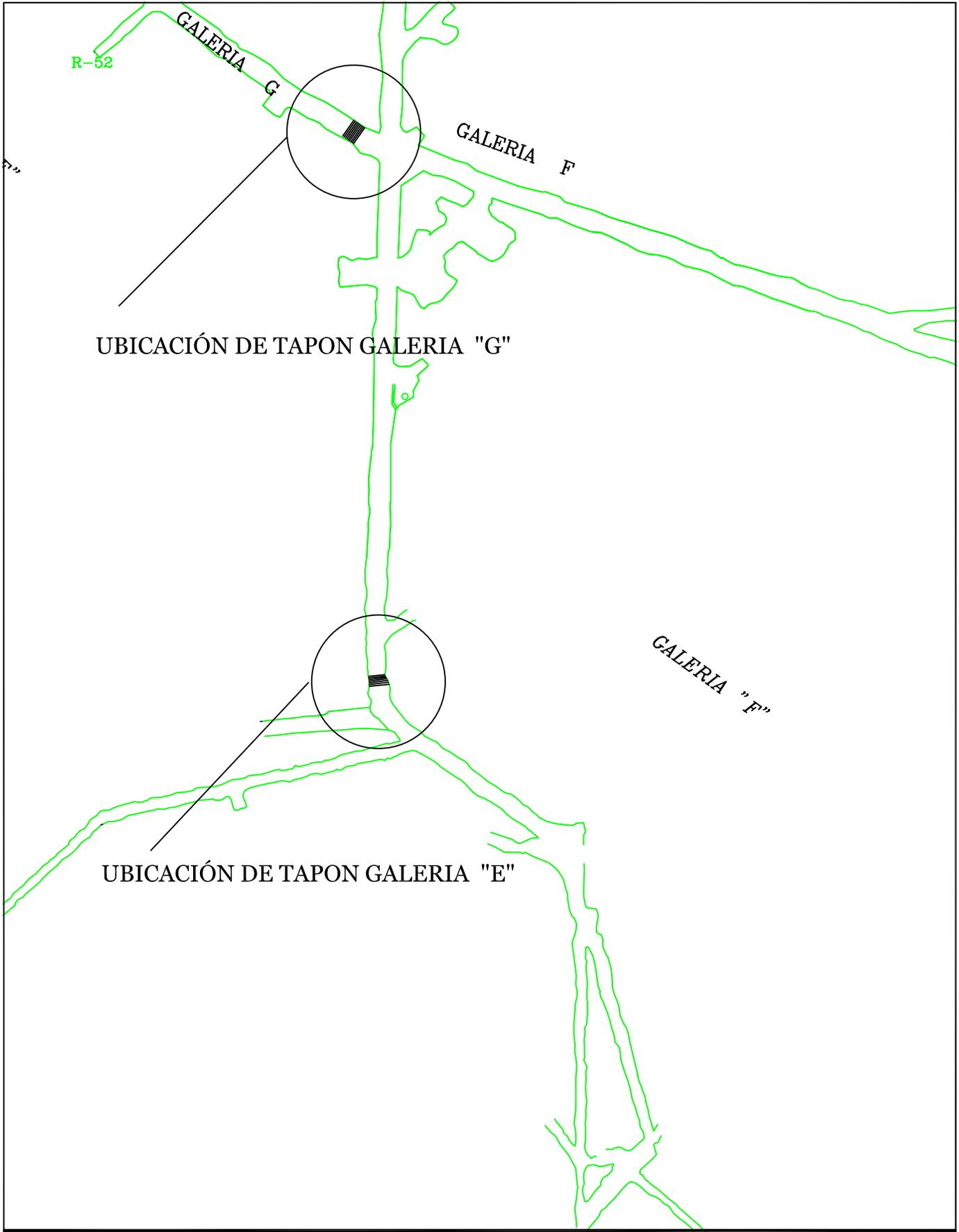
**ANEXOS.**

UBICACIÓN DE TAPON CHORRO # 2

R-34

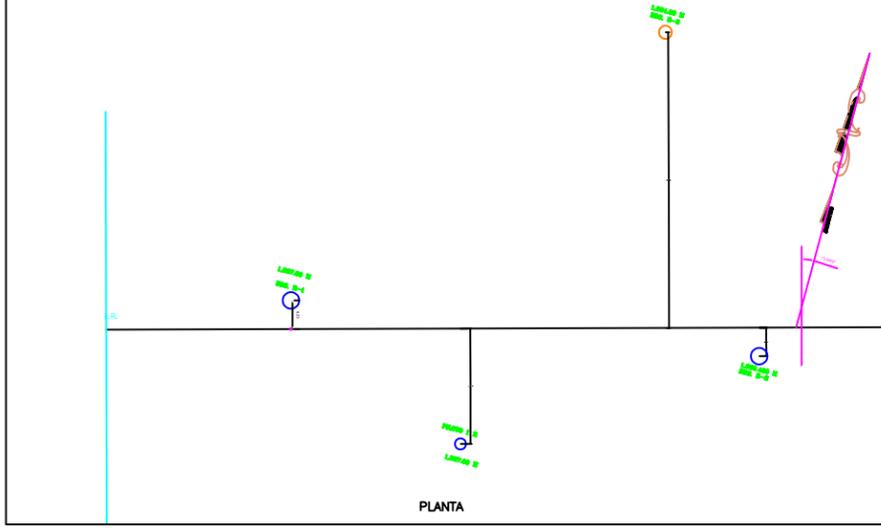


UBICACIÓN DE TAPONES PARA  
CHORRO # 2 NIVEL 140

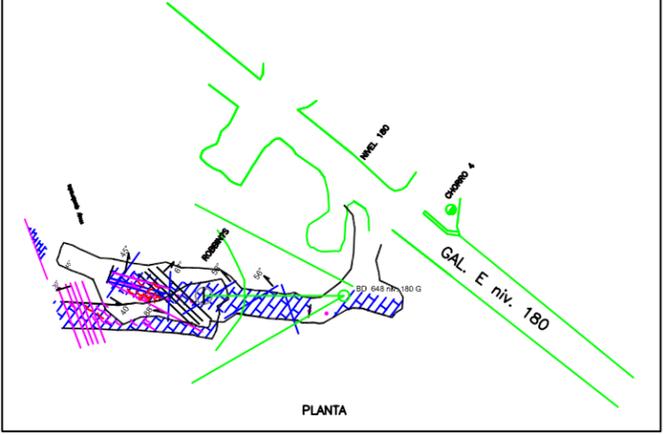


**UBICACIÓN DE TAPONES PARA  
NIVEL 180 GALERIAS "G Y E"**

PLANTA DE SECCIONES  
DE BARRENOS



PLANTA DE BDD  
648-B, PARA ROBBINS  
INTERIOR MINA

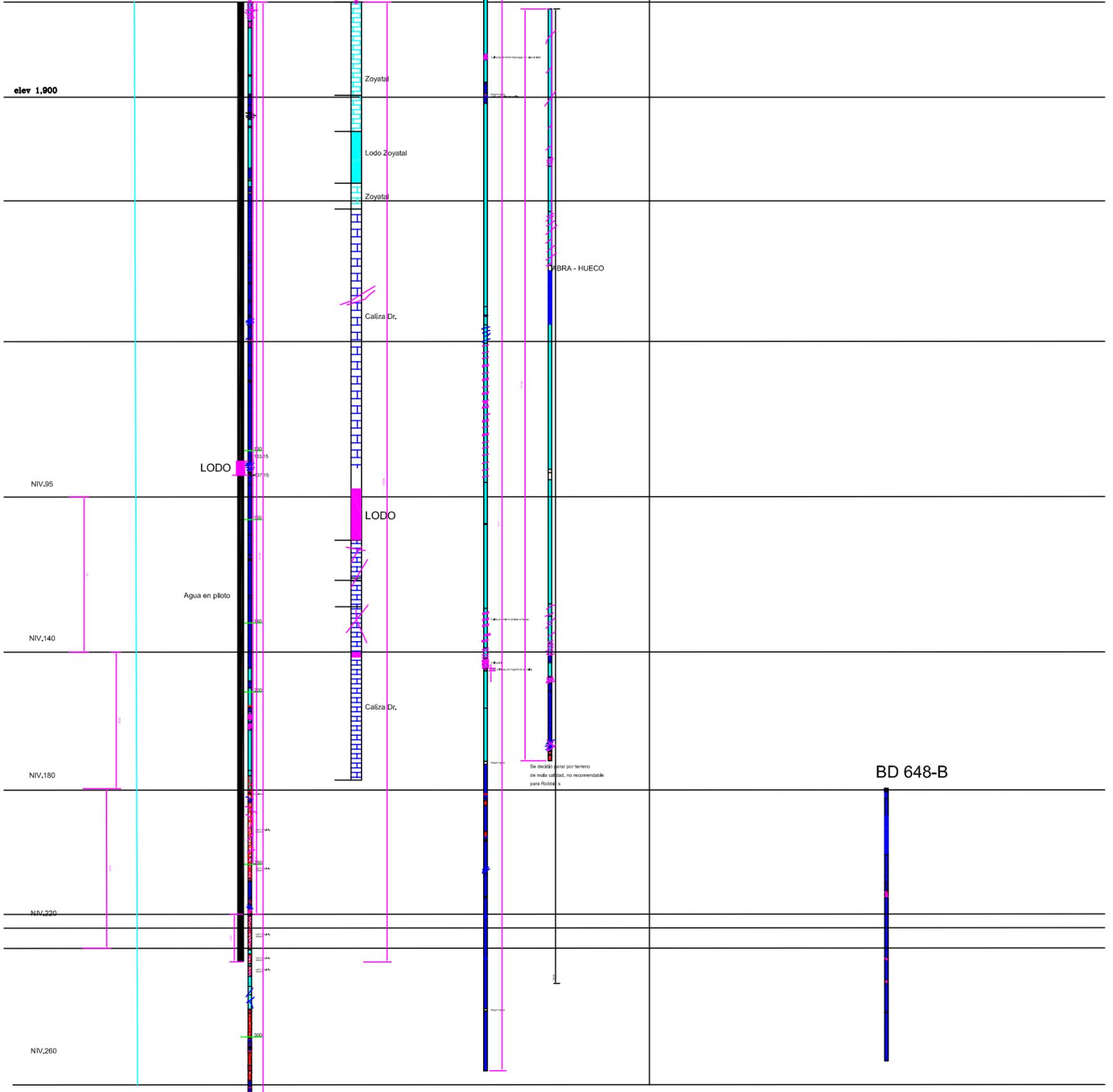


Robb. PILOTO 2  
BD 1-R

Robb. PILOTO 1  
Lumbrera NW

BD 3-R

BD 2-R



BD 648-B



JEFATURA  
GEOLOGIA

REVISIONES		
ORDEN	DESCRIPCION	FECHA

SECCION ESQUEMATICA MOSTRANDO LOS BARRENOS PARA CONTRAPOZO			
ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
J.M. G.B.	J.M. G.B.	J.M. G.B.	Febrero 2018
J.M. G.B.	J.M. G.B.	J.M. G.B.	
J.M. G.B.	J.M. G.B.	J.M. G.B.	

TITULO DE PLANO: Barrenos Pilotos Robbin's Superficie Proyecto Lumbrera NW

No. de Plano: 0007 | La Habana, 7 de 21, S.A.P.

# PLANTA PROYECTADA

CASETA VARIADOR

VENTILADOR

SUBESTACIÓN

CAMINO

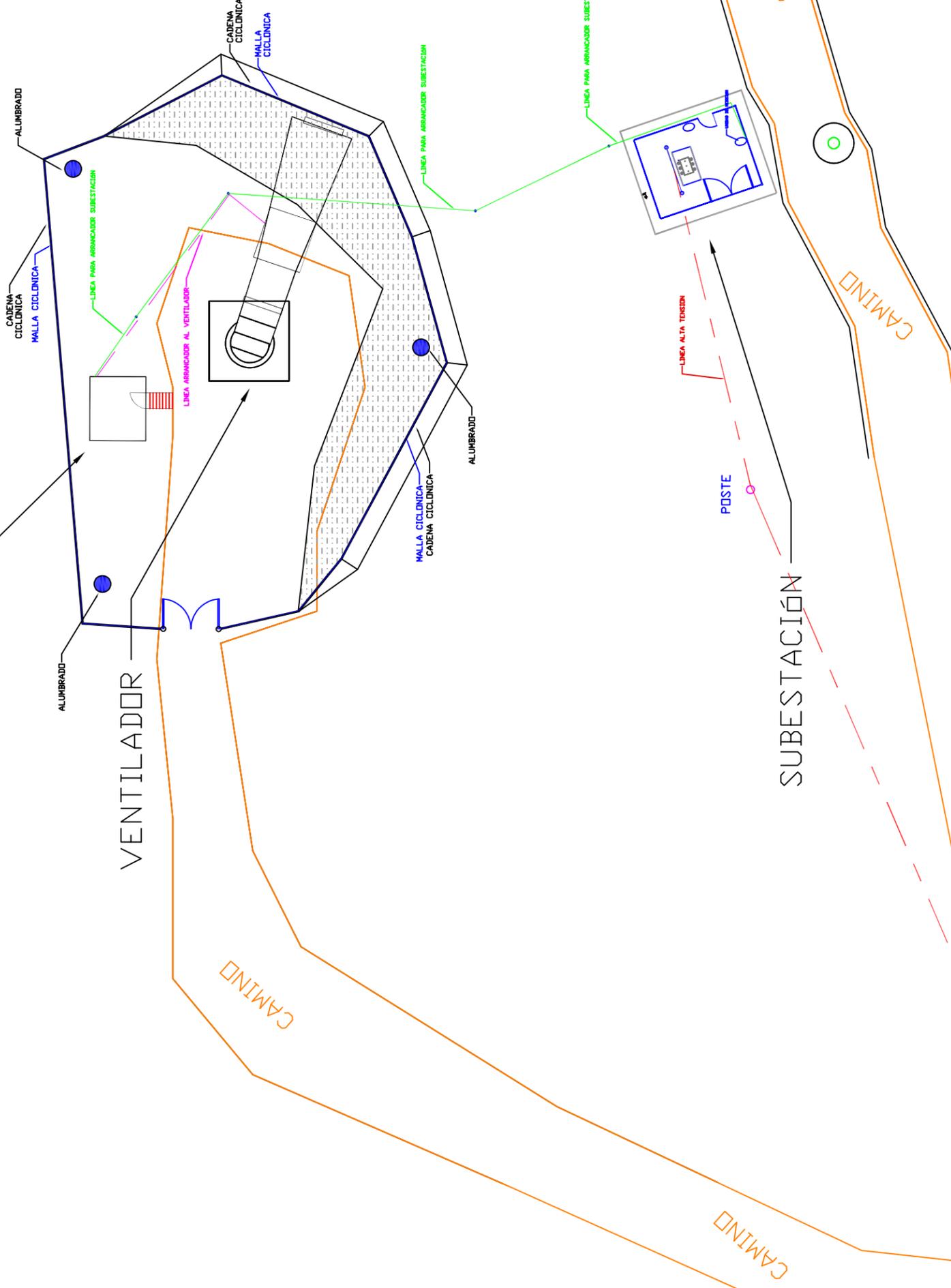
CAMINO

POSTE

LÍNEA ALTA TENSION

CAMINO

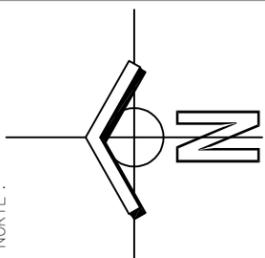
CAMINO



NOTAS :

PLANOS DE REFERENCIA :

NORTE :



Modificaciones:

Revisión: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Desarrollador: \_\_\_\_\_

Construcción: \_\_\_\_\_

Disegnador: \_\_\_\_\_

DIBUJO: ING. B.P.C

REVISO Y APROBO:

ING. F.J.D.R

FECHA: JUNIO 2013

ACOT: METROS

ESCALA: INDICADA

PROYECTO:

REUBICACION DE LUMBRERA "NW"

PLANO: LUMBRERA "NW" (PROPUESTA)

CLAVE: P-01





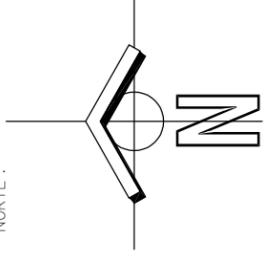




NOTAS :

PLANOS DE REFERENCIA :

NORTE :



Modificaciones:

Revisión: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Desarrolló: \_\_\_\_\_

Construyó: \_\_\_\_\_

Disegnó: \_\_\_\_\_

DIBUJO : ING. B.P.C

REVISO Y APROBO:

ING. F.J.D.R

FECHA : JUNIO 2012

ACOT : METROS

ESCALA : INDICADA

PROYECTO:

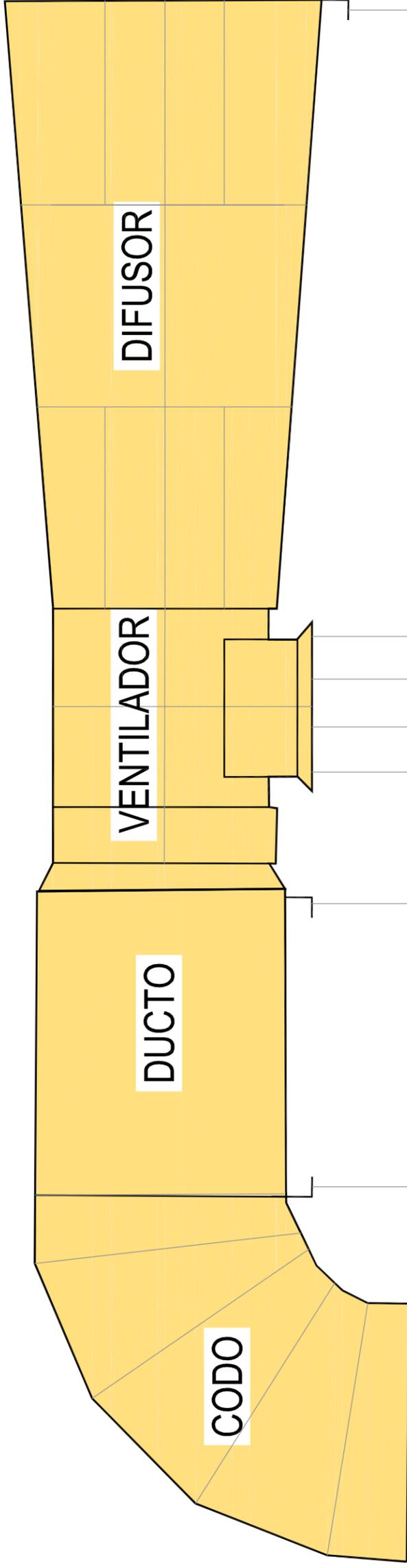
REUBICACION DE LUMBRERA "NW"

PLAN: CIMENTACION

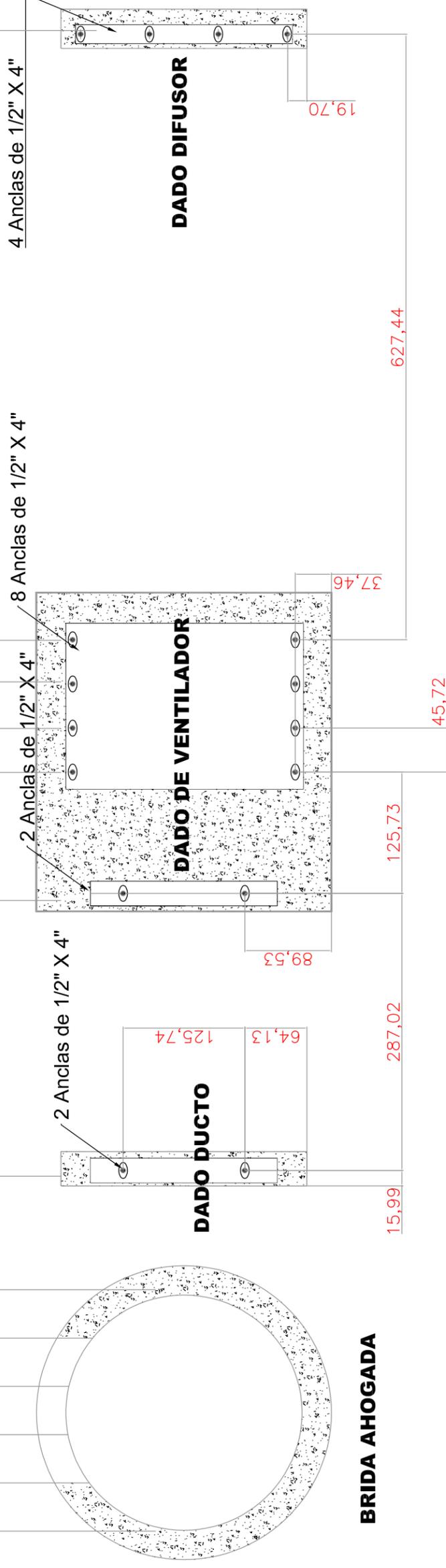
(PROPUESTA)

CLAVE

P-01



Dados de Concreto a f'c: 300 kg/cm<sup>2</sup>

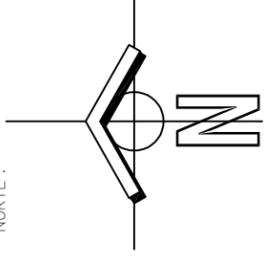


# DADOS DE VENTILADOR ARREGLO GENERAL.

NOTAS :

PLANOS DE REFERENCIA :

NORTE :



Modificaciones:

Revisión: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Descripción: \_\_\_\_\_

Construcción: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Descripción: \_\_\_\_\_

DIBUJO : ING. B.P.C

REVISO Y APROBO:

ING. F.J.D.R

FECHA : JUNIO 2012

ACOT : METROS

ESCALA : INDICADA

PROYECTO:

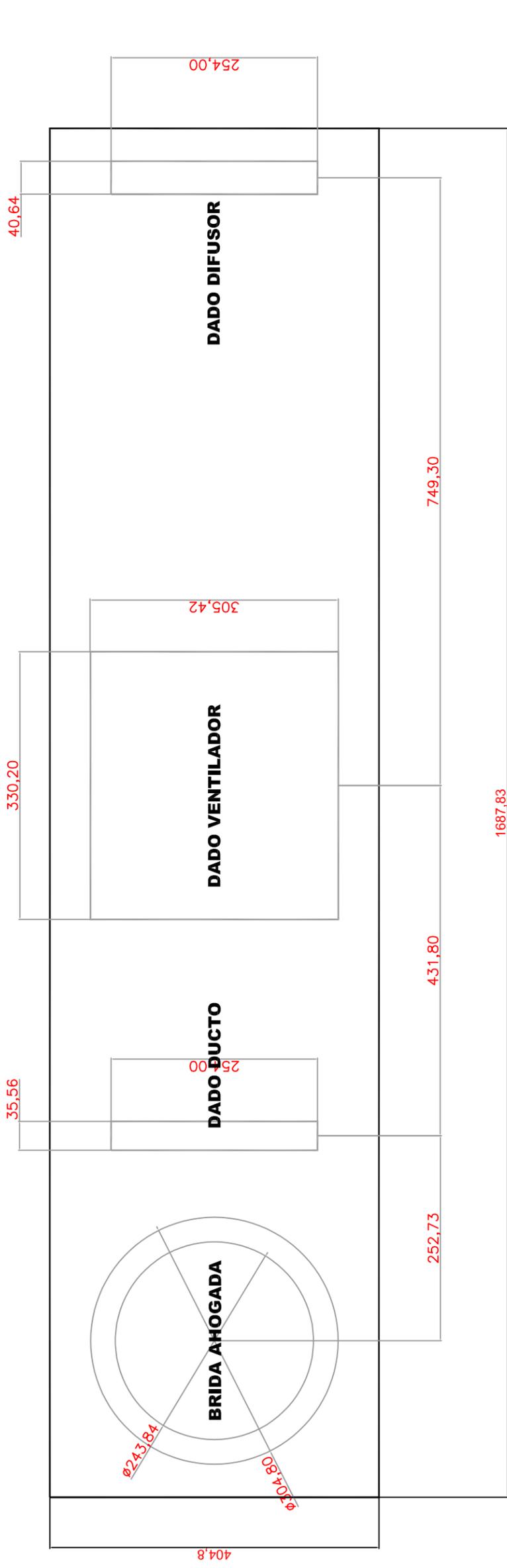
REUBICACION DE LUMBRERA "NW"

PLAN: CIMENTACION

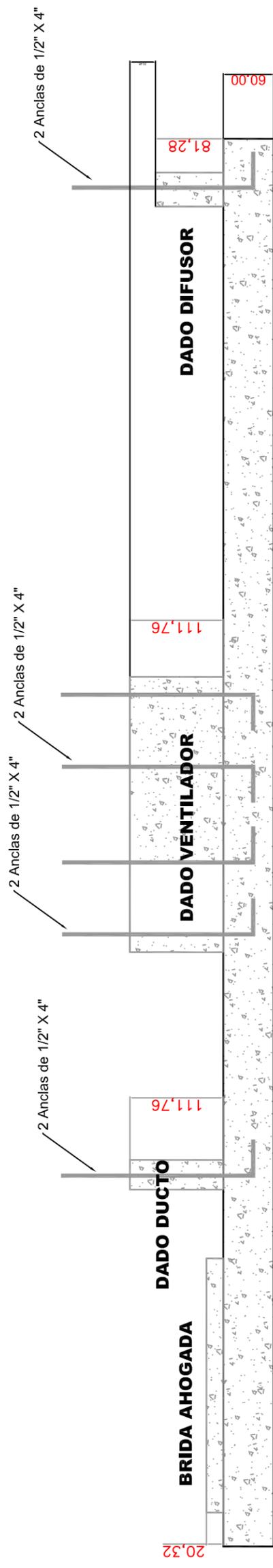
(PROPUESTA)

CLAVE

P-02

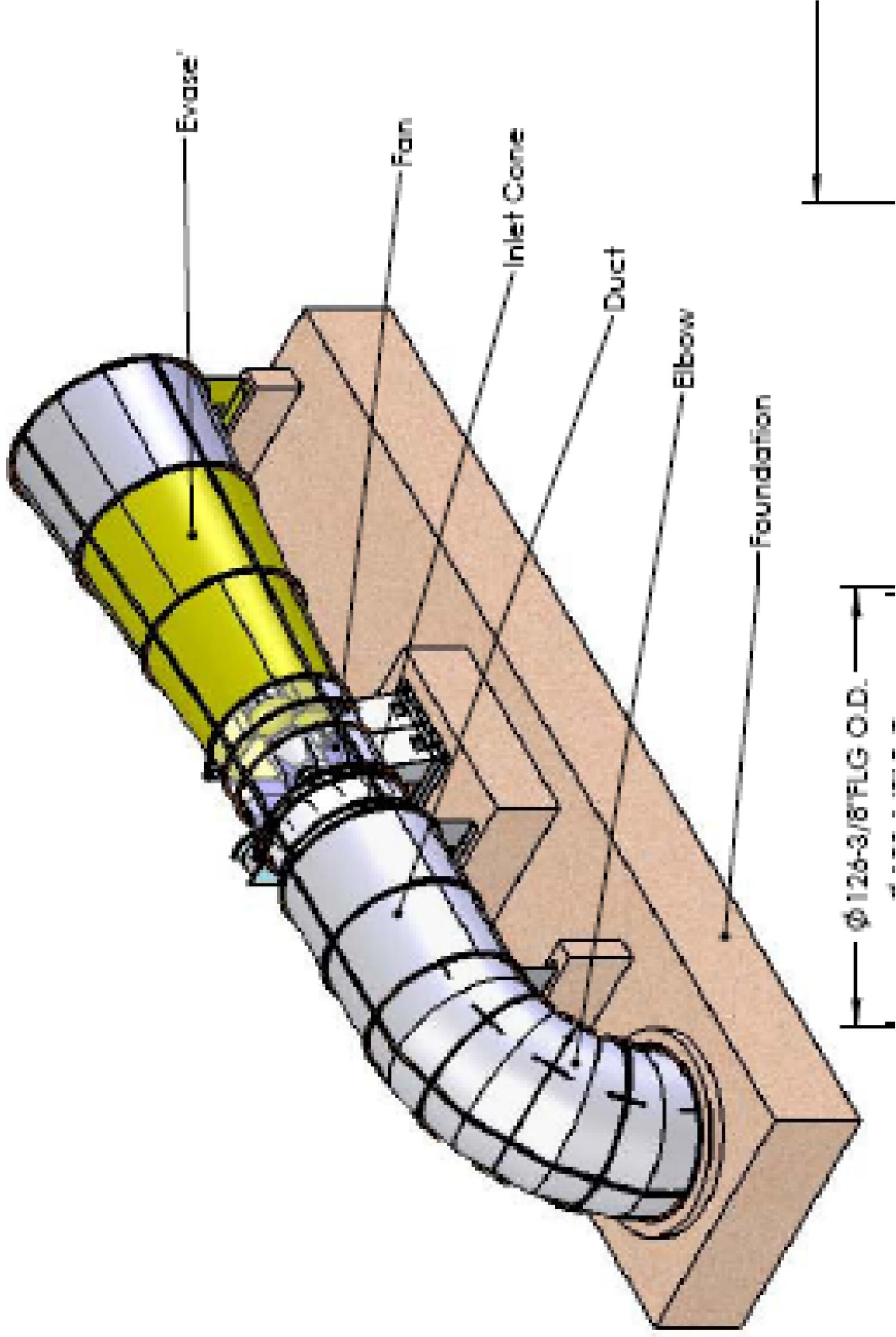


Base de concreto ciclópeo a f'c: 250 kg/cm2.



## BASE DE VENTILADOR ARREGLO GENERAL.

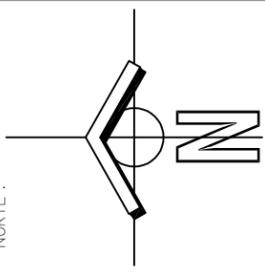
# ISOMETRICO VENTILADOR.



NOTAS :

PLANOS DE REFERENCIA :

NORTE :



Modificaciones:

Revisión: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Descripción: \_\_\_\_\_

Cambios:

Descripción: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

DIBUJO: ING. B.P.C

REVISO Y APROBO:

ING. F.J.D.R

FECHA: JUNIO 2012

ACOT: METROS

ESCALA: INDICADA

PROYECTO:

REUBICACION DE LUMBRERA  
"NW"

PLAN: CIMENTACION  
(ISOMETRICO)

CLAVE: P-03