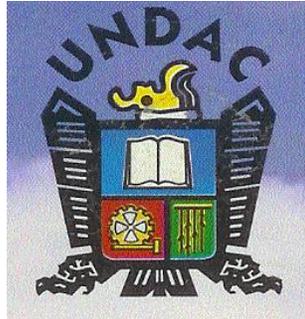


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



TESIS

“DISEÑO DE LA MEZCLA DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE) PARA OBTENER UN CONCRETO DE BUENA CALIDAD; EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A. UNIDAD ANDAYCHAGUA.”

Presentado por:

Bach. , RAMOS ROBLES, Elvis Francisco

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

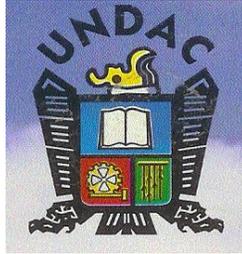
INGENIERO DE MINAS

Cerro de Pasco - Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS**



**“DISEÑO DE LA MEZCLA DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y
CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE) PARA OBTENER UN CONCRETO DE
BUENA CALIDAD, EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A. UNIDAD
ANDAYCHAGUA”**

**Presentado por:
Bach. RAMOS ROBLES, Elvis Francisco
Sustentado y aprobado ante la comisión de jurados**

.....
**Mg. Edwin E. SÁNCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE**

.....
**Ing. Rosas FLORES MEJORADA
MIEMBRO**

.....
**Ing. Julio C. SANTIAGO RIBERA
MIEMBRO**

*En homenaje a Dios,
a mis padres Francisco Ramos. y Lucía Robles.
a mis amados hermanos y a todas las personas que hicieron posible la
elaboración del presente trabajo,
con profundo reconocimiento y agradecimiento.*

El Autor

AGRADECIMIENTOS

*A Dios por su generosidad
A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas
por sus conocimientos transmitidos
A mis compañeros de trabajo quienes me brindaron su apoyo, sus enseñanzas y sus
experiencias para poder seguir creciendo profesionalmente.
A todos los amigos por el estímulo y su amistad.*

RESUMEN

*El presente trabajo de investigación intitulado “**DISEÑO DE LA MEZCLA DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE) PARA OBTENER UN CONCRETO DE BUENA CALIDAD; EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A. UNIDAD ANDAYCHAGUA.**” se ha realizado con la intención de determinar y eliminar los factores de un diseño de mezcla de shotcrete no tan efectivo en las labores de la Empresa e implementar un diseño el cual cumpla con los parámetros de seguridad dentro de un proceso de mejora continua.*

Cuyo desarrollo es de once capítulos que brevemente lo resumo a continuación.

El Capítulo I, desarrolla aspectos generales enfocando la problemática de la investigación, considerando aspectos como: identificación y planteamiento del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, objetivos, justificación, limitación de la investigación, y lugar del desarrollo.

El Capítulo II, trata sobre el marco teórico considerando antecedentes del problema, bases teóricas, tratando aspectos como antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos. Formulación de la hipótesis, sus variables.

El capítulo III, describe la metodología y técnicas de investigación; comprendiendo el tipo y nivel de investigación, método de investigación, diseño, población y muestra y las técnicas e instrumento de recolección de datos.

El Capítulo IV, trata sobre las generalidades tanto como Ubicación del proyecto, la accesibilidad, características y el clima.

El Capítulo V. se refiere a la geología general, estructural y económica de la zona, distribución de Cu, Pb, Zn, Ag y los sistemas de vetas de andaychagua.

El Capítulo VI, se refiere al diagrama de proceso productivo y los métodos de explotación como en corte relleno descendente y ascendente como también el Sub level Stopping

El Capítulo VII. Se refiere a las consideraciones de Diseño de soporte para el sotcrete, tanto el de las condiciones de resistencia y estabilidad, condición de servicio, condiciones de durabilidad entre otros.

El Capítulo VIII. Se refiere a las propiedades del Shotcrete medidas en ensayo de laboratorio como resistencia a la compresión, densidad, módulo de elasticidad, retracción por secado, permeabilidad del Shotcrete, entre otras.

El Capítulo IX. Se refiere a los materiales constituyentes en el Sotcrete para un diseño de buena calidad

El Capítulo X. Hace el análisis de los pasos a seguir para un correcto diseño de mezcla de Shotcrete y el análisis de corrección cuando la humedad es mayor que la absorción y viceversa para su aplicación en la unidad Andaychagua.

El Capítulo XI. Hace referencia a ensayos de laboratorio, cálculos de bachiller, las bases técnicas del preparado y aplicación del diseño de la mezcla del Shotcrete, tanto como para mejora en la Compañía Minera Volcan; concluyendo con las conclusiones y recomendaciones.

INDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENT | |
| O RESUMEN | |
| INTRODUCCION | |
| CAPITULO I | 1 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1. IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. | 2 |
| 1.3. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS. | 2 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.... | 3 |
| 1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 4 |
| 1.6. LUGAR DONDE SE DESARROLLARÁ LA INVESTIGACIÓN..... | 4 |
| CAPITULO II | 5 |
| MARCO TEORICO | 5 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA. | 5 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS. | 6 |
| 2.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS..... | 7 |
| 2.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES..... | 9 |
| CAPITULO III | 9 |
| METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN..... | 9 |
| 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... | 9 |
| 3.2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 9 |
| 3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 10 |
| 3.4. POBLACIÓN MUESTRA. | 10 |
| 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. | 11 |
| 3.6. GUÍA DE TRABAJO DE CAMPO..... | 11 |
| CAPITULO IV..... | 12. |
| GENERALIDADES | 12 |

| | | |
|--|--|----|
| 4.1. | UBICACIÓN..... | 12 |
| 4.2. | ACCESIBILIDAD..... | 17 |
| 4.3. | CLIMA..... | 17 |
| CAPITULO V..... | | 19 |
| GEOLOGIA..... | | 19 |
| 5.1. | RESUMEN GEOLÓGICO. | 19 |
| 5.2. | DISTRIBUCION DE COBRE, PLOMO, ZINC Y PLATA..... | 24 |
| 5.3. | SISTEMA DE VETAS ANDAYCHAGUA. | 26 |
| 5.4. | GEOLOGIA GENERAL..... | 30 |
| 5.5. | GEOLOGÍA ESTRUCTURAL. | 30 |
| 5.6. | GEOLOGÍA ECONÓMICA. | 31 |
| CAPITULO VI..... | | 33 |
| MINERIA..... | | 33 |
| 6.1. | DIAGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO | 34 |
| 6.2. | CORTE Y RELLENO DESCENDENTE (ANDER CUT AND FILL).. | 35 |
| 6.3. | CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (OVER CUT AND FILL)..... | 40 |
| 6.4. | SUB LEVEL STOPING. | 45 |
| CAPITULO VII..... | | 49 |
| CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SOPORTE PARA EL SHOTCRETE.. | | 49 |
| 7.1. | DISEÑO POR CONDICIONES DE RESISTENCIA Y ESTABILIDAD. | |
| 7.2. | DISEÑO POR CONDICIONES DE SERVICIO. | 49 |
| 7.3. | DISEÑO POR CONDICIONES DE DURABILIDAD..... | 51 |
| 7.4. | OTROS FACTORES DE DISEÑO..... | 53 |
| CAPITULO VIII..... | | 56 |
| PROPIEDADES DEL HORMIGÓN PROYECTADO – SHOTCRETE..... | | 56 |
| 8.1. | DOCILIDAD. | 56 |
| 8.2. | DURABILIDAD. | 60 |
| CAPITULO IX..... | | 64 |
| MATERIALES CONSTITUYENTES | | 64 |
| 9.1. | CEMENTO. | 64 |

| | | |
|---|--|-----|
| 9.2. | MATERIALES FINOS COMPLEMENTARIOS..... | 65 |
| 9.3. | ÁRIDOS..... | 65 |
| 9.4. | AGUA DE MEZCLADO..... | 66 |
| 9.5. | ADITIVOS QUÍMICOS. | 66 |
| 9.6. | OTROS ADITIVOS | 69 |
| CAPITULO X..... | | 72 |
| DISEÑO DE LA MEZCLA DEL CONCRETO CONVENCIONAL..... | | 72 |
| 10.1. | PASOS A SEGUIR PARA DISEÑAR MEZCLAS DE CONCRETO. | 72 |
| 10.2. | ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DE MEZCLA SECA CUANDO LA HUMEDAD ES MENOR QUE LA ABSORCIÓN..... | 78 |
| 10.3. | ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DE MEZCLA SECA CUANDO LA HUMEDAD ES MAYOR QUE LA ABSORCIÓN..... | 79 |
| 10.4. | APLICACIÓN EN EL TAJEO UNO, DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO Y SU CORRECCION. | 80 |
| 10.5. | APLICACIÓN EN EL TAJEO DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO Y SU CORRECCION. | 85 |
| 10.6. | CORRECCIONES PARA SU APLICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO EN LA UNIDAD ANDAYCHAGUA..... | 92 |
| CAPITULO XI..... | | 93 |
| BASES TÉCNICAS PARA EL PREPARADO DE CONCRETO HOTCRETE.. | | 93 |
| 11.1. | BASES TÉCNICAS PARA EL PREPARADO DE CONCRETO SHOTCRETE VÍA HÚMEDA. | 93 |
| 11.2. | PREPARADO DE MEZCLA..... | 95 |
| 11.3. | ABASTECIMIENTO DE MEZCLA PARA SHOTCRETE VÍA SECA. | 98 |
| 11.4. | ABASTECIMIENTO DE MEZCLA PARA CONCRETO BOMBEADO..... | 100 |
| 11.5. | DISEÑO DEL SHOTCRETE $f'_c = 280$ | 107 |
| CONCLUSIONES..... | | 122 |
| RECOMENDACIONES | | 127 |
| BIBLIOGRAFIA | | 128 |

PLANOS DE UBICACION

| | | |
|----|-------------------------|----|
| 1. | DE OBRA. | 13 |
| 2. | MINAS Y PROYECTOS. | 14 |
| 2. | MINA ANDAYCHAGUA. | 15 |
| 3. | DE LA UEA YAULI. | 16 |

FOTOGRAFIAS

| | | |
|----|--|----|
| 1. | UND. DE PROD. ANDAYCHAGUA BOCAMINA 570 | 48 |
| 2. | ENTRADA NIVEL 570. | 48 |
| 3. | APLICACIÓN DE SOTCRETE SOBRE MALLA. | 70 |
| 4. | INSTALACION DE MALLA EN TUNEL. | 71 |

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | DOMO DE YAULI. | 20 |
| 2. | COLUMNA ESTRATIFICADA DE ANDAYCHAGUA. | 22 |
| 3. | MODELO DE MINERALIZACION. | 23 |
| 4. | ZONA DE MINERALIZACION. | 26 |
| 5. | DIAGRAMA DE PROCESOS PRODUCTIVO. | 34 |
| 6. | MET. DE EXPL. CORTE Y RELLENO DESCENDENTE. | 38 |
| 7. | CICLO DE MINADO. CORTE Y RELLENO DESCENDENTE. | 39 |
| 8. | MET. DE EXPL. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE. | 43 |
| 9. | CICLO DE MINADO. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE. | 44 |
| 10. | MET. DE EXPL. SUB LEVEL STOPING. | 46 |
| 11. | CICLO DE MINADA DE TALADROS LARGOS. | 47 |

INTRODUCCION

Es evidente que el concreto proyectado carece de un diseño de dosificación universalmente aceptado. Los diseños existentes no suelen ser diseños directos al estilo de los numerosos diseños empleados en concretos convencionales, sino diseños que recogen de forma indirecta experiencias empíricas fruto de la práctica.

La ventaja de estos planteamientos indirectos es que dan un cierto criterio para una primera dosificación tentativa. Asimismo, tiene inconvenientes, tales como: la imprecisión de la dosificación de partida, el condicionamiento de los equipos de proyección, la no consideración del tipo de agregados, etc. Esta situación de cierta incertidumbre está muy asumida en el mundo de la minería. La falta de un diseño de dosificación dificulta no solo la optimización de los componentes tradicionales utilizados sino la incorporación de nuevos componentes como las fibras, microsílíce, etc. Ante ello, el objeto de la presente tesis es diseñar un método de dosificación del concreto proyectado vía húmeda en la Compañía Minera Volcán unidad Andaychagua.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Es evidente que el concreto proyectado carece de un diseño de dosificación universalmente aceptado. Los diseños existentes no suelen ser diseños directos al estilo de los numerosos diseños empleados en concretos convencionales, sino diseños que recogen de forma indirecta experiencias empíricas fruto de la práctica.

La ventaja de estos planteamientos indirectos es que dan un cierto criterio para una primera dosificación tentativa. Asimismo, tiene inconvenientes, tales como: la imprecisión de la dosificación de partida, el condicionamiento de los equipos de proyección, la no consideración del tipo de agregados, etc. Esta situación de cierta incertidumbre está muy asumida en el mundo de la minería.

La falta de un diseño de dosificación dificulta no solo la optimización de los componentes tradicionales utilizados sino la incorporación de nuevos componentes como las fibras, microsilice, etc. Ante ello, el objeto de la presente tesis es diseñar un método de dosificación del concreto

proyectado vía húmeda en la Compañía Minera Volcán unidad Andaychagua.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿Cómo podemos diseñar una mezcla de concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete), para lograr una mezcla de buena calidad en la Compañía Minera Volcán, Unidad Andaychagua?

1.2.2. Problemas específicos.

- a. ¿Qué factores influyen en el diseño de la mezcla del concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete), para lograr una mezcla de buena calidad en la Compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua?
- b. ¿Cuál es la caracterización de una mezcla de concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete), para lograr una mezcla de buena calidad en la Compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua?

1.3. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar una mezcla de concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete), para lograr una mezcla de buena calidad en la Compañía Minera Volcán, Unidad Andaychagua.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- a. Determinar los factores influyen en el diseño de la mezcla del concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete), para lograr una mezcla de buena calidad en la Compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua.
- b. Conocer las características de una mezcla de concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete), para lograr una mezcla de buena calidad en la Compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación justifica su realización y remarca su importancia toda vez en la compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua se pueda contar con un modelo de diseño de concreto convencional y lanzado que haga posible trabajar con una mezcla de buena calidad, evitando interrupciones en el ciclo de minado.

Por otra parte al contar con un diseño del concreto convencional y lanzado, así como sus características, sus factores influyentes del concreto servirán para poder aplicar en otras minas o tomarlos como referencia.

Estos aspectos justifican y dan la debida importancia a la realización de la investigación.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

Podemos tener limitación en cuanto a:

- Financiamiento para la elaboración del presente estudio.
- Apoyo de personal capacitado.
- Información de la data actual en cuanto a su operatividad de la investigación.
- Limitaciones en cuanto al apoyo de la empresa no se han encontrado

1.6. LUGAR DONDE SE DESARROLLARÁ LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se ha realizado en las instalaciones de la
COMPAÑÍA MINERA VOLCAN – UNIDAD ANDAYCHAGUA.

Que se encuentra ubicado en:

Distrito: Yauli.

Provincia: Yauli Oroya

Departamento: Junín

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Habiendo hecho una revisión sobre el tema de investigación en el campo de la minería encontramos que hay bastante información sobre estos temas; esto debido a que todas las minas que vienen explotando por el sistema subterráneo emplean en su sostenimiento el concreto convencional y el concreto lanzado, pero realizados o aplicados de acuerdo a su realidad; estos trabajos nos servirán de referencia para realizar nuestro estudio, así tenemos trabajos realizados en algunas minas como:

- Compañía minera Antamina
- Compañía minera Milpo
- Compañía minera Buenaventura
- Compañía minera Minsur etc.
- Compañía minera Casapalca,
- Compañía minera Atacocha,

- Compañía minera Cerro SAC diferentes unidades,
- Compañía minera Horizonte.

2.2. BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.

Durante el desarrollo de la presente Tesis haremos uso de una serie de información tanto bibliográficos, de campo, que darán evidencia sobre la presente investigación en cuanto al uso del concreto convencional y concreto lanzado. Dentro de la información que haremos uso tenemos:

- Ubicación
- Accesibilidad
- Reseña Histórica
- Geología General
- Geología Local
- Geología Regional
- Geología Estructural
- Mineralización
- Método de Explotación
- Sistema de sostenimiento
- Sostenimiento con shotcrete
- Características de la mezcla
- Gestión en salud en el trabajo
- Factores en el diseño de la mezcla
- Componentes de la mezcla
- Diseño de la mezcla de concreto

2.3.FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

2.3.1. Hipótesis General

Al diseñar una mezcla de un concreto convencional y del concreto lanzado (shotcrete) en forma secuencial obtendremos una mezcla de concreto de buena calidad. En la Compañía Minera Volcán, Unidad Andaychagua.

2.3.2. Hipótesis específicas

- a.** Si determinamos en forma adecuada los factores influyen en el diseño de la mezcla del concreto convencional y en el concreto lanzado (shotcrete) obtendremos una mezcla de concreto de buena calidad, en la Compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua.
- b.** Conociendo las características de una mezcla de concreto convencional y del concreto lanzado (shotcrete) podremos obtener una mezcla de buena calidad, en la Compañía Minera Volcán Unidad Andaychagua.

2.4.IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

2.4.1. Variables para la hipótesis general

- **Variable Independiente:**

Diseño de una mezcla de un concreto convencional y del concreto lanzado (shotcrete)

- **Variable Dependiente:**

Mezcla de concreto de buena calidad

2.4.2. Variables para las hipótesis específicas.

- **Para la hipótesis a.**

Variable independiente

Factores influyen en el diseño de la mezcla del concreto convencional y en el concreto lanzado (shotcrete)

Variable dependiente

Mezcla de concreto de buena calidad

- **Para la hipótesis b.**

Variable independiente

Características de una mezcla de concreto convencional y del concreto lanzado (shotcrete)

Variable dependiente

Mezcla de concreto de buena calidad

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

3.2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.

El tipo metodológico aplicado en esta investigación se considera como no experimental según Narváez, Rosa (1997), este tipo de investigación sugiere la formulación de objetivos y/o preguntas de investigación.

Cabe destacar que esta investigación corresponde a las investigaciones explicativas, descriptivas, evaluativa, de acción, de diseño y los estudios de campos entre otras. Es por esto que se dice que el presente estudio es de campo, ya que permitirá en forma directa, la observación y recolección de datos para el diseño de la mezcla del concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete) para obtener un concreto de buena calidad.

Descriptivo, según Sabino, Carlos (1999) señala que, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. “Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación

Por lo tanto el tipo de investigación para este trabajo también es Descriptivo, debido a que permite analizar, registrar y describir las actividades ejecutadas.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño que utilizare en la investigación será por objetivos conforme al esquema siguiente, conforme al esquema siguiente:

| | | |
|----|---|--------------------|
| OG | = | OBJETIVO GENERAL |
| HG | = | HIPÓTESIS GENERAL |
| CG | = | CONCLUSIÓN GENERAL |
| OG | - | HG + CG |

3.4. POBLACIÓN MUESTRA.

Población:

Para esta investigación la Población está constituida por todas las labores mineras que usan sostenimiento con concreto lanzado (shotcrete) en la Compañía Minera Volcán S.A.

Muestra:

Se determinó tomar como muestras específicamente dos labores que usan sostenimiento con shotcrete de la mina.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

- Fichas de registro, comentario y de resumen.
- Acceso a archivos técnicos.
- Cuestionario de información y ficha de campo.
- Discusión es talleres para esclarecer los problemas presentados
- La observación y evaluación.
- Entrevistas.
- Notas de campo, fichas o guías de observación.
- Registro de evaluación.
- Elaboración de tablas y gráficos para la apreciación de los resultados comparativos.

3.6. GUÍA DE TRABAJO DE CAMPO.

- Recolección de datos, manuales, copias, planos de ubicación, localización de la zona, planos topográficos, carta geográfica, geológica del yacimiento minero, planos de explotación.
- Uso de Emails, CDS, AutoCAD.

CAPITULO IV

GENERALIDADES

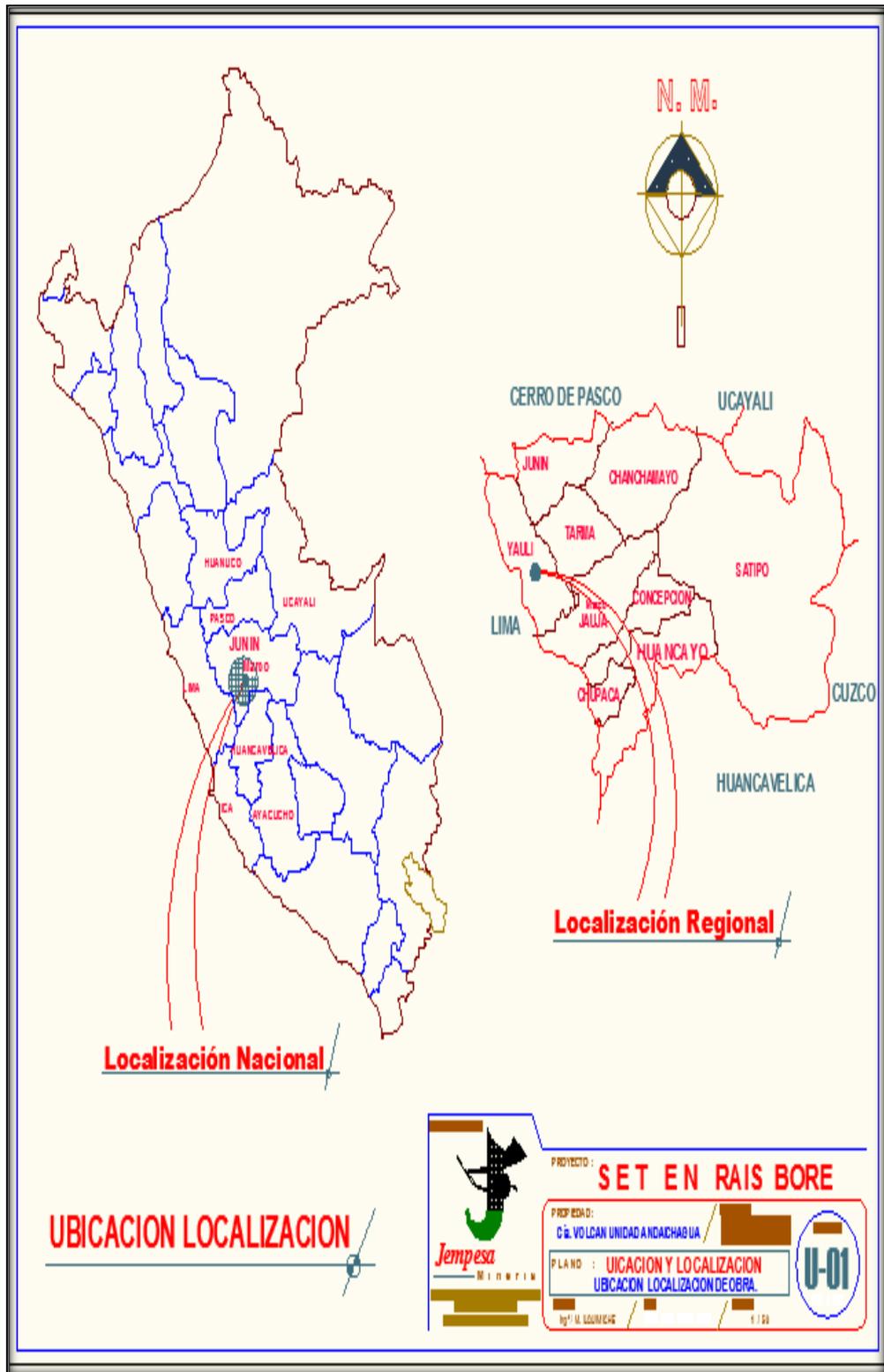
4.1. UBICACIÓN

La Mina Andaychagua se encuentra ubicada a la altura del Km 155 de la carretera central, ubicada en el anexo de San José de Andaychagua, distrito de Huay Huay, provincia de Yauli y departamento Junín. Está emplazada en el flanco Este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, aproximadamente a 13 Km de la divisoria continental y a una altitud promedio de 4,477 m.s.n.m.

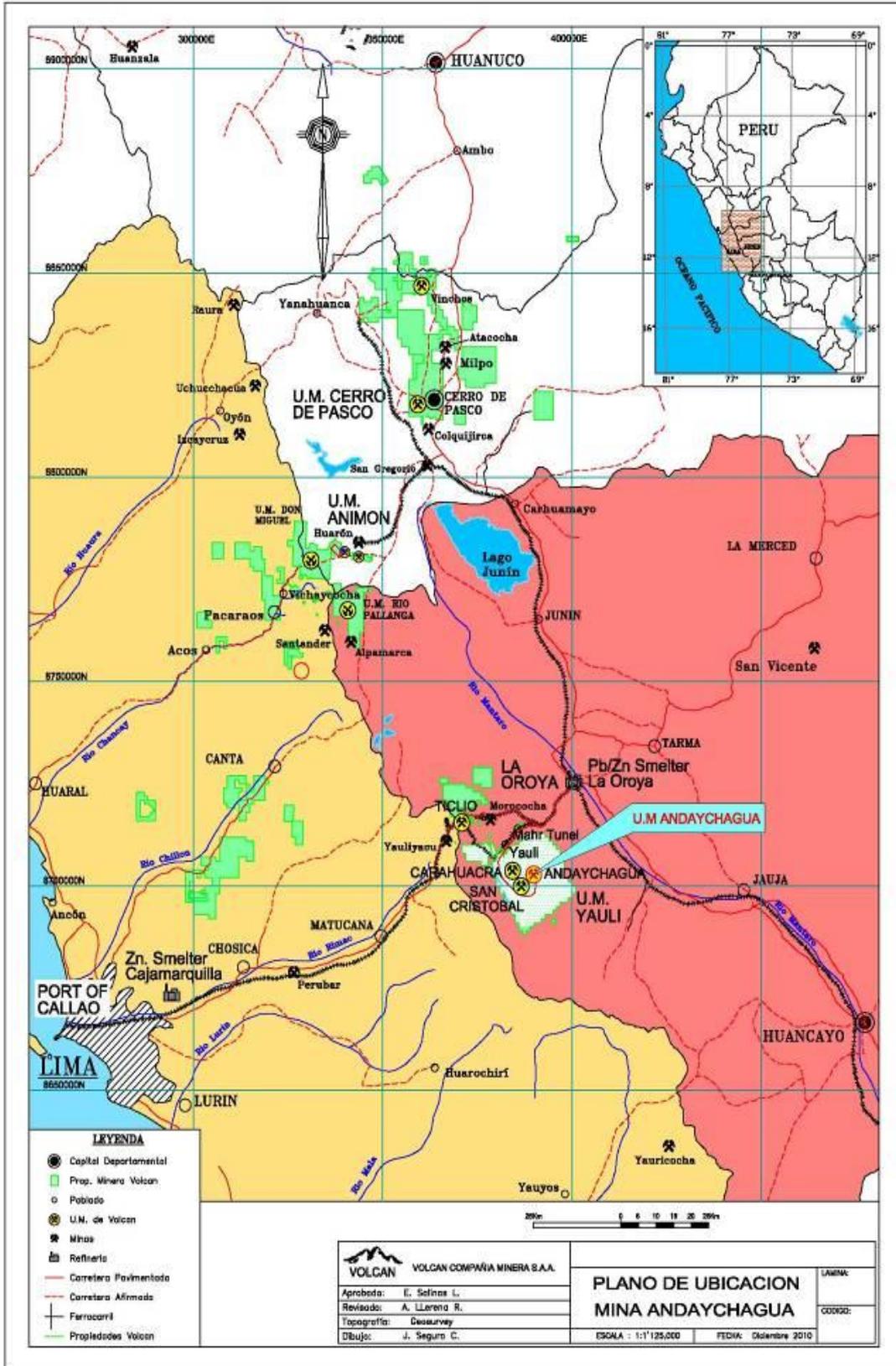
Inicia sus operaciones en el año 1987 constituyendo una unidad de Centromin Perú S. A. A.

En octubre de 1997 Volcan Cia Minera S.A. Adquiere la propiedad de la mina.

Actualmente produce 45,000 TMS mensuales de mineral con contenido de plomo, zinc y plata.

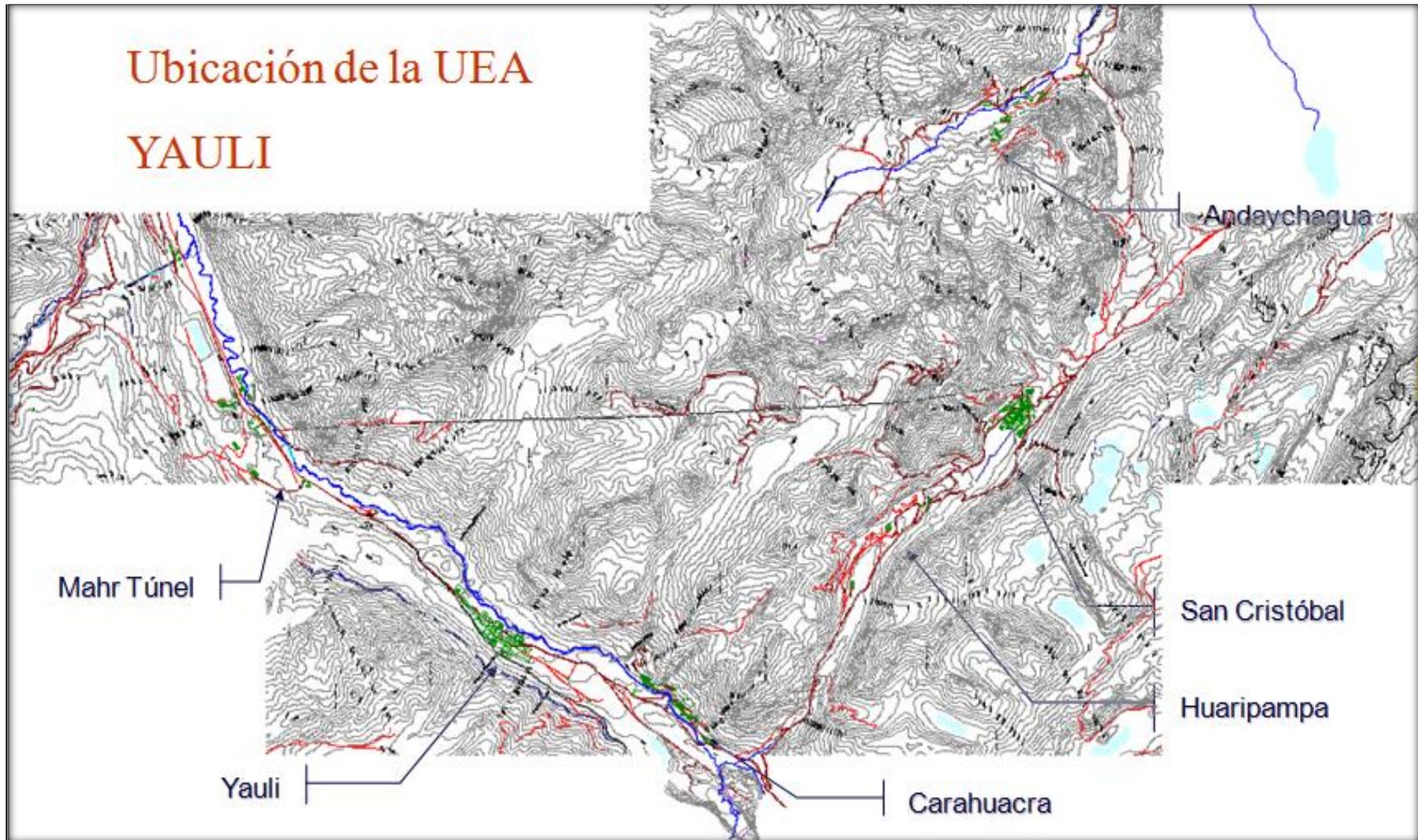


Plano de Ubicación



Ubicación de la UEA

YAULI





4.2. ACCESIBILIDAD.

La Mina Andaychagua se encuentra ubicada a la altura del Km 155 de la carretera central, con un acceso de trocha a una distancia de 31,5 Km a la zona de las instalaciones de la mina Andaychagua.

4.3. CLIMA.

El clima de la zona es en general frío y seco (con humedad baja), tal como corresponde a una región puna, como presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales.

Las temperaturas promedio son relativamente bajas tanto en verano como en invierno, indicando a que los periodos de temperatura muy fría ocurren muy temprano y en las noches; las temperaturas medias o altas durante el día aunadas a la baja presión atmosférica.

Durante los meses comprendidos entre noviembre y abril se producen grandes precipitaciones pluviales, nevadas y granizadas que coinciden con mayores temperaturas estacionales; entre los meses de mayo y agosto se producen grandes descensos de temperaturas junto con escasez de precipitaciones que determinan congelamientos de agua.

CAPITULO V

GEOLOGIA

5.1. RESUMEN GEOLÓGICO.

El distrito minero de Andaychagua, está situado en la zona Central del Perú, a 181 Kilómetros hacia el SE de Lima, sobre el flanco Este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales y a una altitud media de 4 600 m.s.n.m.

Los primeros trabajos de exploración fueron realizados por la Cerro de Pasco Corporation durante los años 1,928 a 1,930; estos trabajos exploratorios fueron realizados en concesiones arrendadas; la mina Andaychagua posteriormente forma parte de la Unidad San Cristóbal hasta ser una Unidad de producción independiente a partir del año 1,987 y a partir de 1996 forma parte de la Empresa Minera Mahr Túnel S.A., cambiando de Razón Social el 01 de Febrero de 1998 por Volcán Compañía Minera S.A.A. Los trabajos en el área, fueron llevados a cabo durante los años 1,920 y 1,928 por los geólogos Edwards, Dillinghan y Stone, quienes sentaron las bases geológicas del área, publicando los primeros trabajos geológicos. Entre los

trabajos posteriores, pueden mencionarse a los realizados por N. Rivera, H.W. Kobe, J. Pastor y A. Álvarez; también existen trabajos de geólogos de la Empresa que han contribuido al mejor entendimiento de la geología del yacimiento.

El distrito minero de Andaychagua está localizado en la parte Sur-Este de una amplia estructura regional de naturaleza domática (Figura 2), que abarca casi íntegramente los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua, esta estructura inicialmente fue, denominada "Complejo Domal de Yauli" (J.V. Harrison, 1,943) y en el presente trabajo se le denomina "Domo de Yauli".(Figura 1)



Figura 1: Domo de Yauli

El Domo de Yauli está constituido por varias unidades litológicas cuyas edades van desde el Paleozoico Inferior hasta el Cretáceo Inferior (Figura 3), arregladas en una serie de anticlinales y sinclinales de ejes aproximadamente paralelos. El depósito mineral de Andaychagua se localiza en el llamado "Anticlinal de Chume", cuyo eje se alinea en dirección N45°W, mostrando doble hundida hacia el NW y hacia el SE. Intrusivos de composición ácida, intermedia y básica, han cortado y/o son paralelos a la secuencia estratigráfica del Anticlinal de Chumpe. (*Figura 2*)

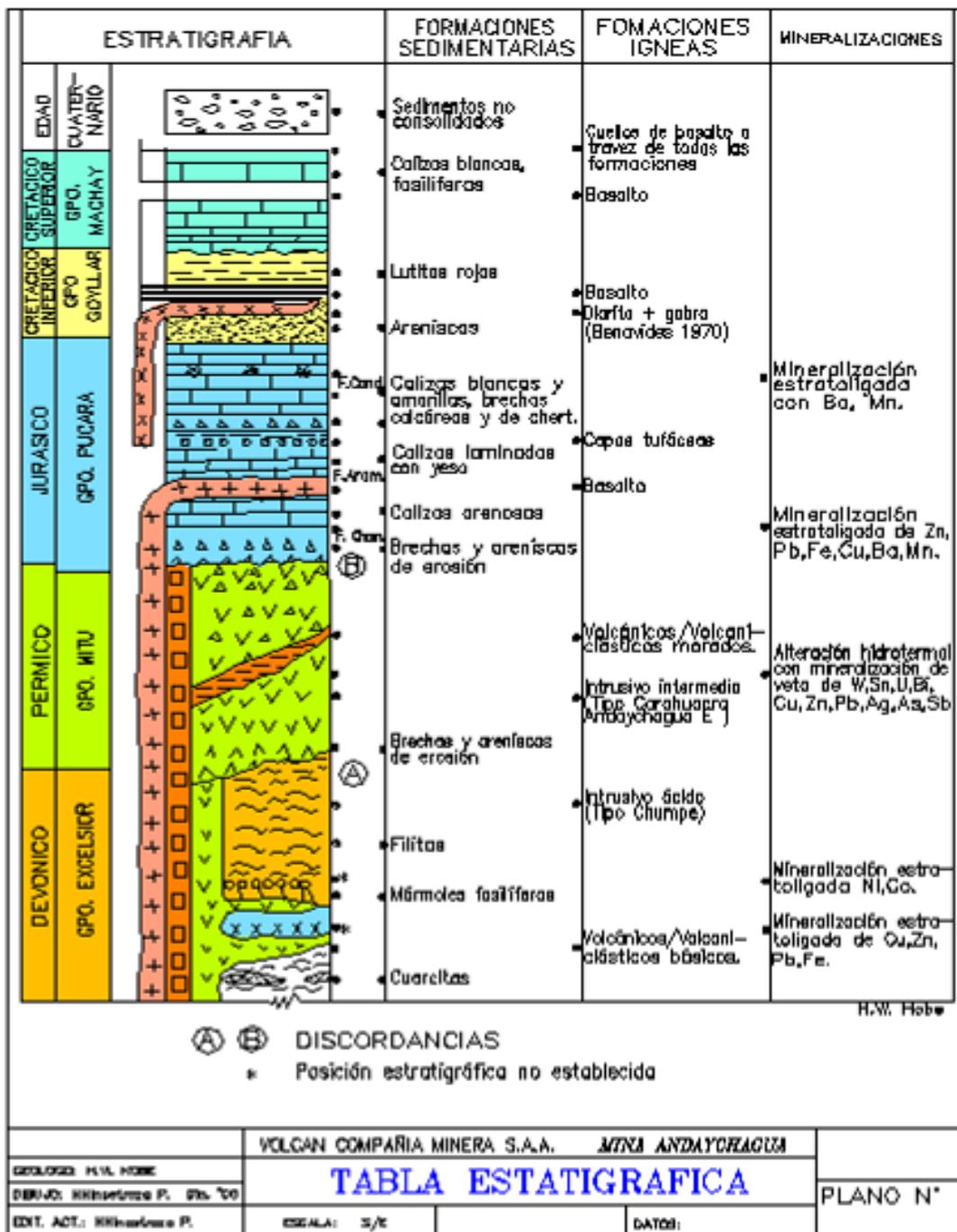


Figura 2: columna Estratigráfica local de Andaychagua

La mineralización de la veta Andaychagua está relacionada por la mineralización poli metálica terciaria y al evento tectónico post – Cretácico. (Figura 3)

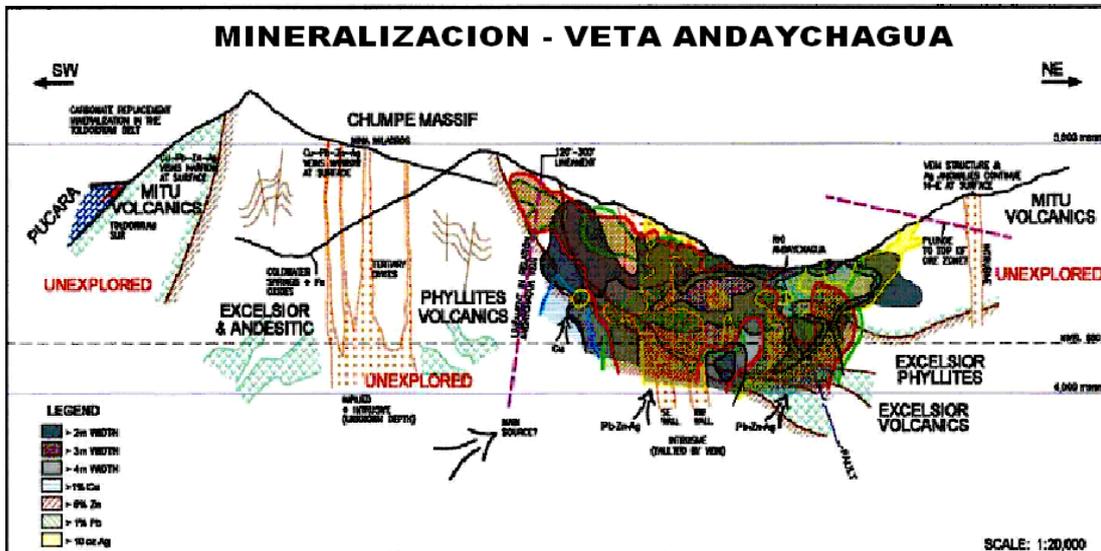


Figura 3: Modelo de mineralización de la Veta Andaychagua

Estudio al microscopio realizados por P. Gagliuffi, han determinado Tres etapas de mineralización, cuyo rango es de mayor a menor temperatura:

Estas etapas de mineralización nos indican que la fractura estuvo en constante movimiento, de este modo, permitió el ascenso de las soluciones y la depositacion de los minerales mencionados.

Presenta textura de relleno: crustificación y brechamiento. En la textura de crustificación las leyes altas se hallan en una asociación pirita – Arsenopirita – Rodocrosita – Plomo – Zinc – Plata. En la textura brechada, la asociación es Cuarzo – Pirita – Arsenopirita – Galena – Esfalerita. Hay casos en que las leyes altas de Plata se encuentran en las bandas de Panizos con

una asociación difícil de precisar microscópicamente, pero las leyes de plomo y Zinc son bajas. Localmente se ha podido observar reemplazamiento en las cajas.

| Primera Etapa | Segunda Etapa | Tercera Etapa |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Cuarzo | Luzonita | Marcasita |
| Pirita | Tenantita – Tetraedrita | Siderita – Rodocrosita - |
| Arsenopirita | Freibergita | Dolomita |
| Pirrotita | Boulangerita | Estibina |
| Esfalerita I | Polibasita | Argentita |
| Calcopirita I | Esfalerita II | Plata Nativa |
| | Calcopirita II | Baritina |
| | Galena | Minerales Secundarios |
| | Pirargirita - Proustita | |

5.2. DISTRIBUCION DE COBRE, PLOMO, ZINC Y PLATA.

Observaciones de campo, de leyes de bloques y de perforaciones diamantinas, nos llevan a las siguientes conclusiones:

- a) La esfalerita se vuelve más marmatítica en la parte Suroeste de la veta; también, hay incremento de cobre y Zinc cerca de los contactos andesitas – filitas y el gabro.
- b) Las concentraciones altas de Zinc se encuentran cerca a los contactos andesitas – filitas, andesitas – gabro y en la unión de la veta prosperidad con la veta Andaychagua. Estas concentraciones altas de Zinc van acompañadas de arsenopirita en cantidad significativa.
- c) Hacia el Noreste del Río Andaychagua, La veta presenta un decrecimiento de los valores del cobre, zinc, Plomo.

d) De acuerdo a la distribución de minerales, las soluciones han sido sub horizontales con una orientación Suroeste – Noreste; consecuencia de esto, es la presencia de minerales de baja temperatura como baritina y estibina en el extremo Noreste del afloramiento y minerales de la primera etapa de mineralización en el contacto andesitas – filitas al Suroeste.

La Mineralización está asociada con los halos de alteración hidrotermal.

(Figura 4)

Las andesitas presentan silicificación cerca de la veta; luego sericitación, caolinización y Cloritización. En el gabro, Argilización cerca de la veta; después, Cloritización. En las filitas algo de silicificación cerca de la veta; Le sigue argilización y Cloritización.

Producida la depositación de los volcánicos (Andesitas y brechas andesitas), inyección del gabro y la formación del marco estructural, se inicia la alteración hipogena de cajas; inyección posterior de soluciones y cristalización paragenética de minerales. Posteriormente se tuvo una alteración supergena de cajas y de minerales, dando lugar a minerales secundarios.

Los cambios de rumbos y buzamientos en la veta Andaychagua, controlan la mineralización presentando mejores valores cuando las cajas no son rectas. En la horizontal y en la vertical, los anchos de la veta varían de acuerdo al cambio de rumbo y buzamiento que presentan. En las cajas y dentro de la veta se observa una brecha volcánica de color gris oscuro de composición heterogénea (agregados de dacita y microclastos de filitas); La

presencia de esta brecha hace que la veta se encuentre pobremente mineralizada. No es persistente en sentido horizontal ni vertical

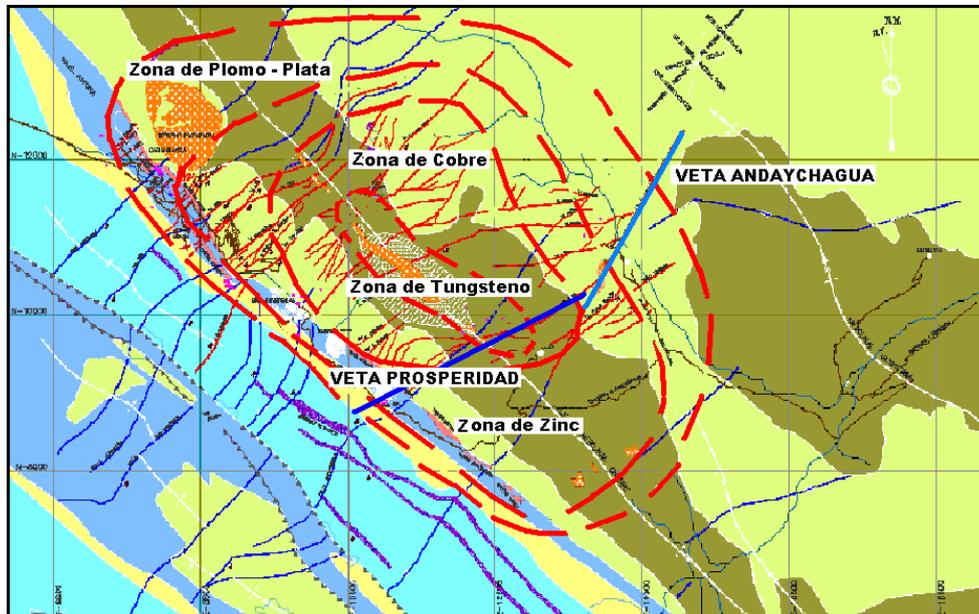


Figura 4: Zonamiento de Mineralización

5.3. SISTEMA DE VETAS ANDAYCHAGUA.

El sistema de vetas Andaychagua se encuentra al SE del intrusivo de Chumpe y en el Flanco Este del anticlinal del mismo nombre. Está Conformada por las vetas principal Andaychagua, Ramal Norte, Puca Urco, Prosperidad I, Prosperidad II, Esther, Milagros. Todas estas están emplazadas en las volcánicas catalinas y solo las más persistentes, como la veta principal y Prosperidad II se extienden hasta las filitas en el extremo SW. La veta de mayor importancia es la denominada Andaychagua actualmente en exploración.

5.3.1. Veta Andaychagua

Es la segunda estructura en orden de extensión conocida en el área. La longitud de la fractura es casi de 5 Km. De los cuales cerca de 3 Km. Han sido mineralizados; la estructura tiene un rumbo promedio de N30°E y un buzamiento de 72° NW, a veces con buzamiento al SE. Cuando la estructura llega al contacto con las filitas, se bifurca en varios ramales que todavía no han sido reconocidos.

El movimiento principal a lo largo de la fractura ha sido horizontal en sentido dextral, teniendo un desplazamiento total de 200 m. este movimiento horizontal probablemente tuvo una componente vertical de pequeña magnitud en sentido inverso. Un movimiento rotacional mediante el cual la caja techo se ha movido en sentido de las agujas del reloj comparado con la caja piso, se deduce por el desplazamiento del contacto entre los volcánicos y filitas.

La potencia de veta Andaychagua varia de 1.80 m a 7.50 m en sus extremos, llegando hasta 18.00 m en su unión con la veta prosperidad.

La mineralogía presente está constituida por esfalerita, marmatita, tetraédrica, galena, galena argentífera como minerales principales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, rodocrosita, cuarzo, arsenopirita, calcita, siderita, hematita y magnetita. La alteración presente es la silicificación, argilización, cloritización y sericitización en planos de foliación de la filita.

5.3.2. Veta Ramal Norte

El ramal norte de la veta Andaychagua fue, descubierto en el año 1966, año en que empieza su explotación. Está ubicada al techo de la veta Andaychagua, emplazada en andesitas y gabro; Su rumbo y buzamiento son similares a los de la veta principal, uniéndose a esta en sus extremos, formando un Loop.

En el NV. 620, La veta ramal norte y la veta Andaychagua se unen formando una franja horizontal mineralizada; debajo del NV. 620 solo profundiza la veta Andaychagua. La veta ramal norte, con potencias de 0.80 a 3.0 metros, presenta textura de crustificación. La mineralización presente consiste de pirita carbonatos, esfalerita, galena y minerales de plata. La alteración de cajas es similar a la veta Andaychagua

5.3.3. Veta Pucaurco

La veta Pucaurco, es un ramal al piso de la veta Andaychagua; su rumbo promedio es N 65° E con buzamiento de 65° a 75° NO. Su potencia varía de 0.20 a 1.50 metros. Está emplazada íntegramente en los volcánicos catalina.

La mineralogía presente está constituida de carbonatos, esfalerita, galena, pirargirita, proustita, plata nativa, pirita y cuarzo, presentando zonas donde la micro brecha (panizo) constituye un buen porcentaje (80-90%) de la Veta. En su unión con la veta Andaychagua se ramifica formando una típica cola de caballo dicha unión a producido un enriquecimiento en minerales de Plata en la veta Andaychagua.

5.3.4. Veta Prosperidad E

Veta emplazadas en filitas, intrusivo Chumpe y Volcánicos catalina; muestra afloramiento por 2.5 Km. De longitud; se le ha explorado en la zona de coricocha, NV. 370, en filitas, donde se presenta irregular y angosta con minerales de hematita, cuarzo, Calcopirita y esfalerita también ha sido explorado en el NV. 570, por la galería 458 y por perforaciones diamantinas. La veta prosperidad en el nivel 570, se emplaza en andesitas y gabro; tiene un rumbo que varía de N 40° E a N 70° E, buzamientos de 65° a 75° NW por el rumbo que presenta su extremo NE, se une a la veta Andaychagua.

El ancho varia de 0.50 m a 1.20 m, el relleno de fractura consiste de esfalerita, carbonatos, galena, cuarzo, pirita, siderita y minerales de plata acompañados de panizos blanco grisáceo. La alteración de cajas es mayormente silicificación, Sericitización y caolinización. Geológicamente el área se encuentra en flanco Oeste del anticlinal de Chumpe (extremo Sur Oeste del Domo de Yauli).

5.3.5 Mantos Moisés

Geológicamente al área se encuentra en flanco Oeste del Anticlinal de Chumpe (extremo Sur Oeste del Domo de Yauli).

5.4. GEOLOGIA GENERAL.

La Geología está representada por las calizas Pucará (Jurásico) que sobre yacen en discordancia erosional a los volcánicos Catalina, facie volcánica y parte superior del Grupo Mitu. (Pérmico).

Volcánicos Catalina. Constituidos por derrames lávicos, aglomerados y tufos de composición andesítica a dacítica. En algunos tramos se presentan derrames seudoestratificados cuya dirección de flujo va de Este a Oeste.

Pucará. Son de color gris a gris claro y se presenta interestratificado con tufos cuya potencia promedio es de 0.10 m. de color gris claro a verdoso.

Cerca al contacto con los volcánicos y en algunas áreas sobre las prolongaciones de las vetas se presenta amarillenta a pardo rojiza a negruzca y recristalizada. En el extremo Sur presenta abundante especularita.

5.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

1. Sistema paralelo al eje del Anticlinal, representado principalmente por fallas inversas acompañado por pliegues de arrastre y sobrecurrimientos. Los esfuerzos compresivos dieron lugar a esfuerzos tensionales que originaron fracturas longitudinales con el posterior relleno de sílice y calcíta.

2. Sistema perpendicular al Eje del Anticlinal; está representado por fracturas más o menos perpendiculares el eje y limitadas fallas de cizallamiento oblicuos al mismo.

5.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA.

Las vetas emplazadas en los volcánicos Catalina al ingresar a las Calizas Pucará desarrollan mantos y lentes mineralizados por reemplazamiento de horizontes favorables.

5.6.1 Mineralización.

La mineralización económica es de Pb, Zn, Ag y Cu y algunas manifestaciones de Oro.

- a) **Vetas:** De variada y escasa potencia emplazadas principalmente en volcánicos, con textura de relleno. La mineralización económica está constituida por esfalerita, galena, algo de calcopirita acompañado por ganga de cuarzo-pirita-carbonatos-hematita.
- b) **La alteración hidrotermal** es principalmente cuarzo-siderita.
- c) **Mantos.** Desarrollados en horizontes calcáreos favorables, a partir de la intersección de estos con las vetas que ingresan desde el piso de la secuencia. Su potencia es variable dependiendo del horizonte favorable; en general siguen el comportamiento de los estratos. Son discontinuos tanto vertical como horizontal y están parcialmente oxidados.

La mineralización económica está constituida por esfalerita, galena y minerales de plata acompañado de ganga de specularita, pirita calcíta, siderita y óxidos de Manganeseo.

Se asume sobre la base de la mineralogía que el área de Moisés corresponde a un yacimiento epigenético, hidrotermal de alcance hipo a epitermal.

CAPITULO VI

MINERIA

6.1. DIAGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO

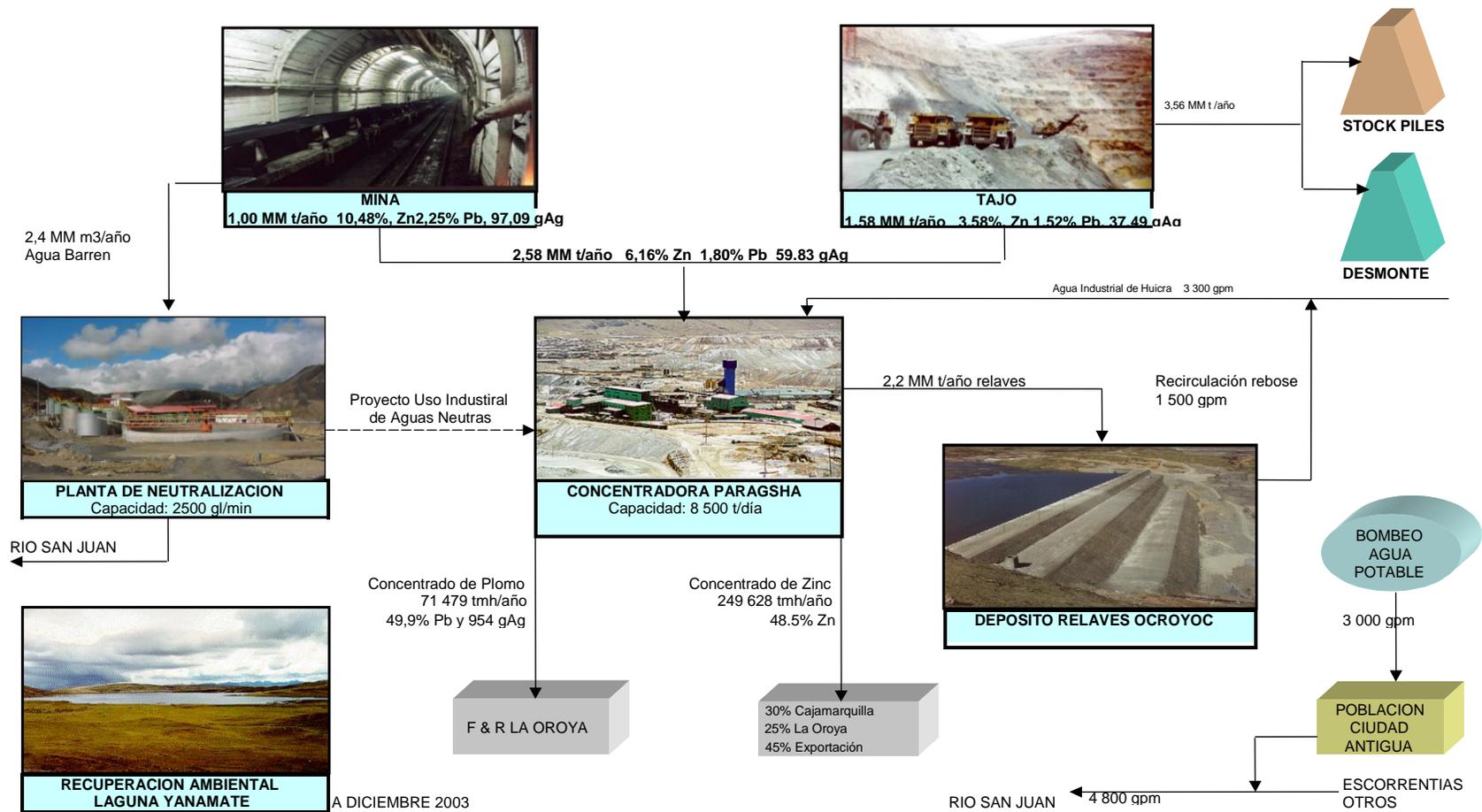


Figura 5. Diagrama del Proceso Productivo

6.2. CORTE Y RELLENO DESCENDENTE (ANDER CUT AND FILL).

6.2.1. Las labores de preparación

Consisten en la construcción de rampas de accesos, subniveles de ataque, chimeneas para ventilación, echaderos de mineral y chimeneas de servicios. (Según avance de la explotación del cuerpo y necesidades de mineral).

A partir de la rampa principal se construye un subnivel de ataque que servirá para explotar en forma secuencial todo un horizonte con paneles, tajeos de 30 metros de ancho por 3 metros de alto, con una longitud promedio de 30 metros, dependiendo de la extensión del cuerpo mineralizado.

El mineral es evacuado por un echadero construido estratégicamente para facilitar el movimiento eficiente del scoop con un radio 250 pies.

Concluido la extracción del mineral del tajeo, se prepara para el relleno con una barrera de madera y polipropileno que permitirá hacer una loza de 3 pies de alto, con una mezcla de 1:6 y la diferencia del espacio abierto se completa con una mezcla de 1:30, el relleno utilizado es hidráulico. De esta manera se construye una loza segura para el corte inferior y explotar las labores adyacentes. Concluido el minado del horizonte correspondiente a partir de la rampa principal se construye un nuevo sub nivel de ataque a 3 metros debajo de la loza, de tal manera que los nuevos paneles crucen a las lozas del corte superior inferiores crucen a los del corte superior, trabajando como vigas apoyadas en los paneles adyacentes al que se va minando. (Método MICHI).

Parámetros de Explotación

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Productividad por tajeo: | 10 t/h g/dia. |
| Consumo de Explosivos: | 0.16 Kg/t |
| Dilución: | 10 % |
| Recuperación: | 95 % |
| Perforación específica: | 0.37 m/t |
| Tipo de Relleno: | Cementado 1m con 1/6. y 3m con 1/30 |
| Radio de Preparación: | 0.7 m/ 1000 t extraídas. |
| Sostenimiento temporal: | No se usa (ocasional puntales) |
| Producción en labores Preparatorias: | 8% |

Ventilación: Natural y Forzada (ventiladores eléctricos).

Ventajas y Desventajas

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">* Posibilidad de explotación de yacimientos con características de terreno suave y muy difíciles.* Buena recuperación del mineral.* Buena seguridad para el personal y equipo.* Posibilidad de ser mecanizado (nuestro caso) | <ul style="list-style-type: none">* Es costoso, por alto consumo de cemento.* Poco eficiente cuando hay presencia de agua y excesivas presiones.* No se puede cambiar a otro método.* Baja productividad* Está supeditado a la calidad del relleno |

Figura 6. Corte y Relleno Descendente (Ander Cut and Fill)

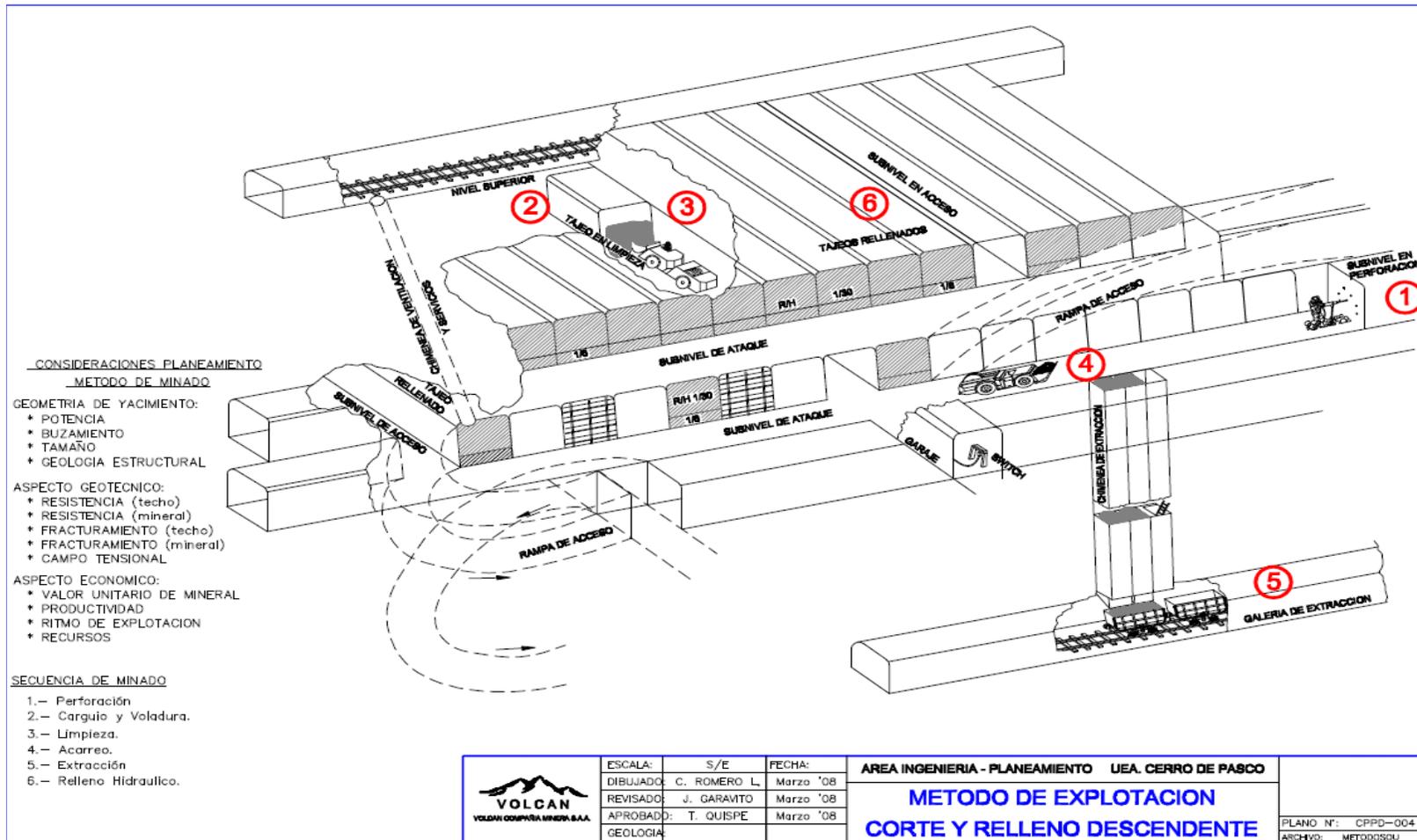


Figura 7. Ciclo de minado corte y relleno descendente (UCF)

| | | |
|-------------------------------|--|---|
| <p>1. PERFORACION</p> | | <p>PERFORACION (4.5m * 4.5 m)</p> <p>Avance/dispara : 2.4 m N° disparos/día : 2 N° Tald/perf : 26 Tiempo Perfo. : 1.3 hr Rendimiento : 50 m/hr</p> |
| <p>2. VOLADURA</p> | | <p>VOLADURA (4.5m * 4.5 m)</p> <p>N° Tald/disp : 26 Tiempo Carga/d. : 1.2 hr Factor Carga : 0.27 Kg/m³</p> |
| <p>3. DESATADO MECANIZADO</p> | | <p>DESATE (4.5m * 4.5 m)</p> <p>Tiempo Desate : 0.75 hr</p> |
| <p>4. LIMPIEZA</p> | | <p>LIMPIEZA (4.5 m * 4.5 m)</p> <p>Capacidad Eq : 6 yd³ Toneladas/dispara : 150 tn Tiempo Limpieza : 1.0 hr Rendimiento : 50 Ton/hr</p> |
| <p>5. SHOTCRETEO</p> | | <p>SOSTENIMIENTO 01 (4.5m * 4.5m)</p> <p>Rendimiento : 6 m³/hr</p> |
| <p>6. SOSTENIMIENTO</p> | | <p>SOSTENIMIENTO 02 (4.5m * 4.5 m)</p> <p>Rendimiento : 16 Un / hr</p> |
| <p>7. RELLENO CEMENTADO</p> | | <p>RELLENO 02 (4.5m * 4.5m)</p> <p>Longitud Tald : 230 m Longitud/Paño : 12 m Rendimiento : 30 M³/hr</p> |

6.3. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (OVER CUT AND FILL).

Las labores preparatorias son similares al método UCF y consisten en la construcción de una rampa principal, chimeneas para ventilación, echaderos y otros servicios.

Básicamente este método consiste en preparar el cuerpo mineralizado a explotar, tomando dos pisos en cada corte, con un subnivel de ataque siguiendo el eje del cuerpo mineralizado desde las rampas principales ascendentes. Se panelea todo el horizonte a partir del subnivel de ataque con tajeos de 15' pies de ancho x 15' de alto.

La apertura de los tajeos es sistematizada a fin de establecer una secuencia de minado que nos permite en todo momento contar con suficientes frentes de laboreo, a fin de cumplir el estimado de producción.

En los tajeos las etapas de perforación y voladura son:

- Perforación y voladura del subnivel de 3m. x 3m. de sección hasta lograr la longitud predeterminedada por el contacto mineral / desmante.

- Desquinche del techo con perforación vertical con un ángulo de 70 grados con la horizontal. Se deja al inicio del tajeo un pilar respecto del subnivel de ataque (corona); la voladura se realiza en retirada según la necesidad de operación, hasta alcanzar una altura de 5.0 m., ubicándose la cara libre en el tope del tajeo. La perforación vertical se realiza con máquinas manuales Stoper, y la perforación horizontal con máquinas manuales Jack Leg.

- Actualmente estos trabajos se realizan con Jumbos electrohidráulicos.

La limpieza de mineral se realiza con scoops eléctricos de 2,2 y 3,5 Yd³, igualmente el relleno de los espacios vacíos se realiza sistemáticamente con Relleno Hidráulico, normalmente este relleno se hace con una mezcla pobre de cemento 1/30 para permitir el sostenimiento del relleno, cuando se explotan las labores adyacentes; los pilares son rellenos únicamente con lama, relave sin cemento. Concluido la explotación de todo el horizonte mineralizado, se suben 2 pisos superiores hasta 5 m., para iniciar nuevamente el ciclo de minado, con un subnivel de ataque a partir de la rampa principal.

Parámetros de Explotación

| | |
|--------------------------------------|--|
| Productividad por tajeo: | 15 t/h día. |
| Consumo de Explosivos: | 0.23 Kg/t |
| Perforación específica: | 0.83 m/t |
| Radio de Preparación: | 0.7 m/ 1000 t extraídas. |
| Producción en labores Preparatorias: | 2 % |
| Dilución: | 10% |
| Recuperación: | 90 % |
| Tipo de Relleno: | Cementado pobre 4 m con 1/30 |
| Ventilación: | Natural y Forzada (ventiladores eléctricos). |
| Temperatura de Trabajo: | Hasta 35 grados |
| Sostenimiento temporal: | No se usa (ocasionalmente puntales). |

Ventajas y Desventajas

| Ventajas | Desventajas |
|--|---|
| Alta productividad. | Necesidad constante de |
| Buena recuperación. | relleno. |
| Alta posibilidad de mecanización. | Mantenimiento constante |
| Muy flexible al cambio de método. | de los echaderos. |
| Zonas marginales se pueden dejar como pilar. | Posibilidad de dilución del mineral con el relleno. |

Figura 8. Corte y Relleno Ascendente (Over Cut and Fill)

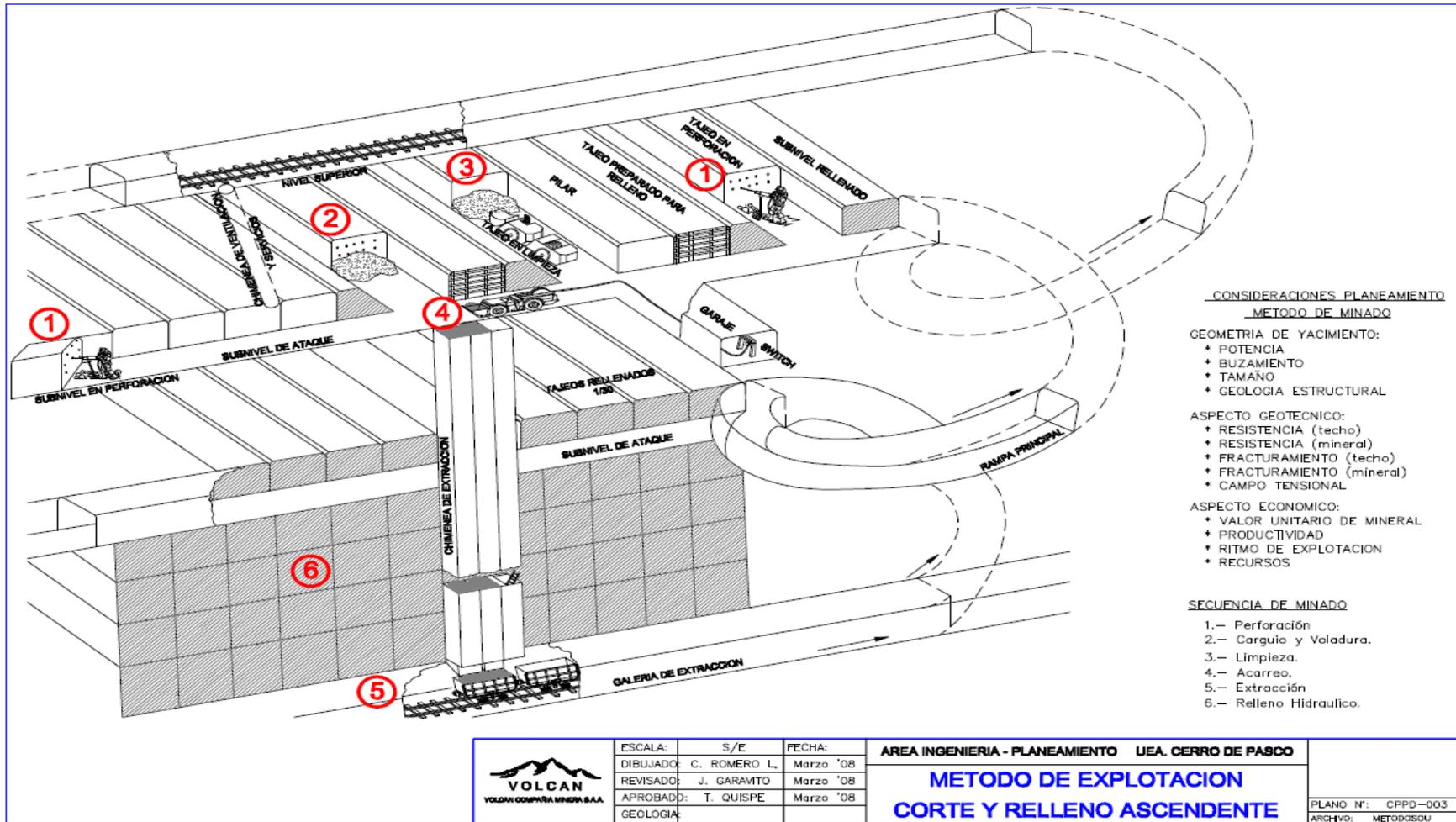
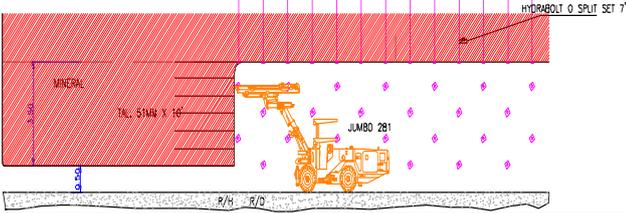
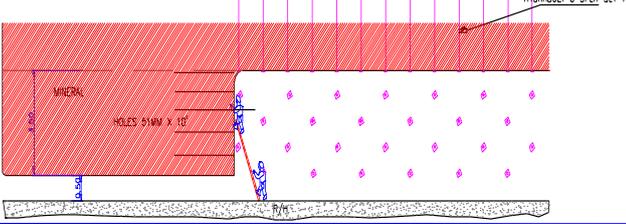
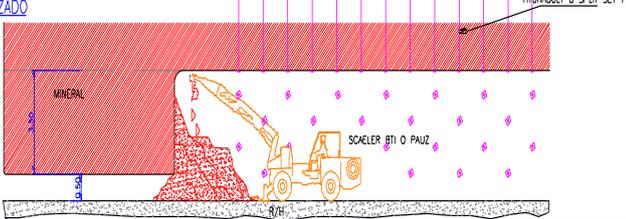
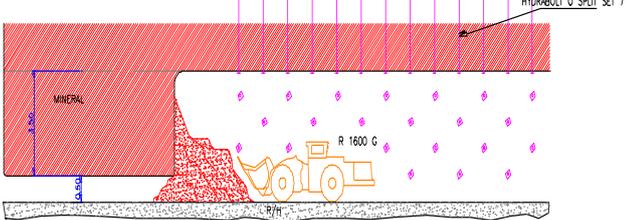
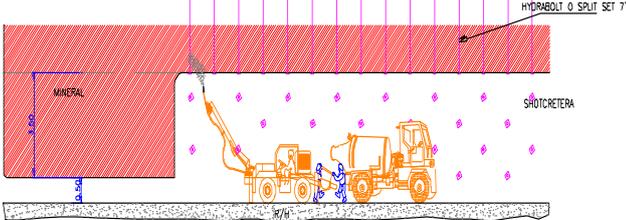
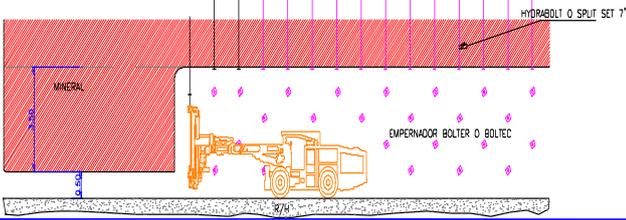
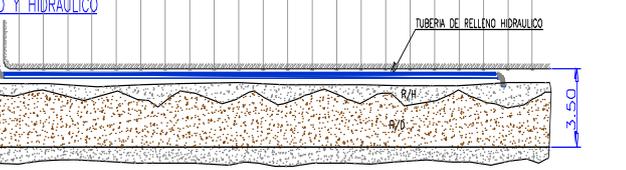


Figura 9. Ciclo de minado Corte y relleno ascendente (OCF)

| | |
|---|---|
| <p>1. PERFORACION</p>  | <p>PERFORACION (4m * 4m)</p> <p>Avance/disparo : 2.4 m N° disparos/día : 2 N° Tala/perfo : 15 Tiempo Perfo. : 1.0 hr Rendimiento : 50 m/hr</p> |
| <p>2. VOLADURA</p>  | <p>VOLADURA (4m * 4m)</p> <p>N° Tala/disp. : 15 Tiempo Carga. : 0.8 hr Factor Carga : 0.18 Kg/m³</p> |
| <p>3. DESATADO MECANIZADO</p>  | <p>DESATE (4m * 4m)</p> <p>Tiempo Perfo. : 0.75 hr</p> |
| <p>4. LIMPIEZA</p>  | <p>LIMPIEZA (4.0 m * 4m)</p> <p>Capacidad Eq. : 6 yd³ Toneladas/disparo : 150 tn Tiempo Limpieza : 1.0 hr Rendimiento : 50 Ton/hr</p> |
| <p>5. SHOTCRETEO</p>  | <p>SOSTENIMIENTO 01 (4.0m * 4m)</p> <p>Rendimiento : 6 m³/hr</p> |
| <p>6. SOSTENIMIENTO</p>  | <p>SOSTENIMIENTO 02 (4.0m * 4 m)</p> <p>Rendimiento : 16 Uh / hr</p> |
| <p>7. RELLENO DETRITICO Y HIDRAULICO</p>  | <p>RELLENO (4.0m * 4m)</p> <p>Rendimiento R/H : 30 m³/hr Rendimiento R/D : 15 m³/hr</p> |

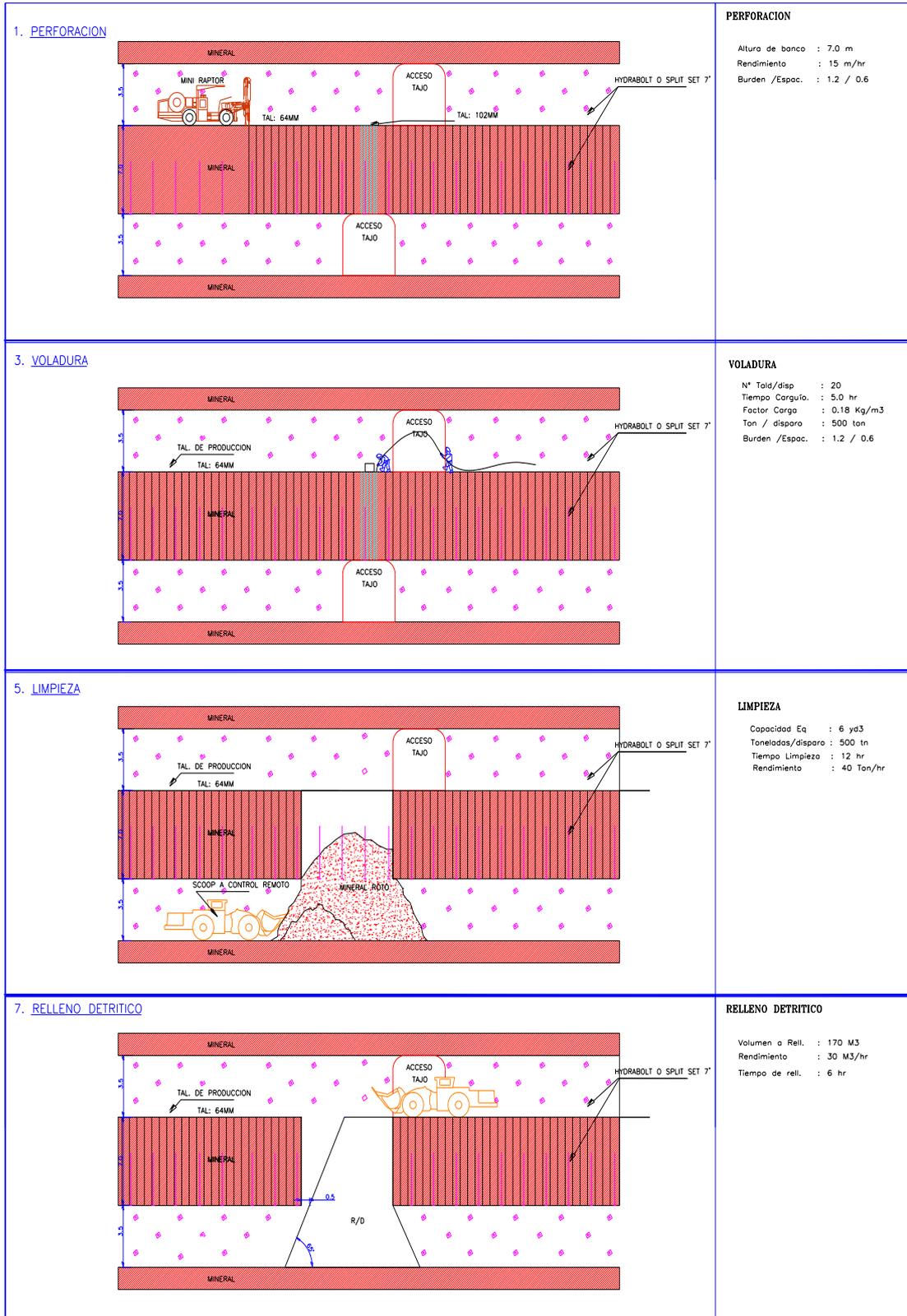
6.4. SUB LEVEL STOPING.

Consiste en preparar subniveles principales en los Pisos (27, 22, 16, y 9 CNA – XNE) desde los cuales se realizan tajeos de 4 x 4 m. con una distancia de 35 m. y dejando pilares de 6 m.; manteniéndose la plantilla para los pisos tanto inferiores como superiores; luego de realizarse la excavación de 4 x 4 m. En los diferentes pisos (27, 22, 16 y 9) se procede a realizar la perforación del tajeo superior hacia el tajeo inferior con una altura de 12 m. de banco, luego de realizar la perforación se procede a la voladura en forma secuencial de tal manera que se mantenga el ciclado de perforación y voladura.

Este mineral roto será extraído y posteriormente pasará a relleno de los tajeos explotados (1:30 Relleno Hidráulico) para comenzar a romper los pilares de 6 m., para preparar las plantillas de los pisos tanto inferiores como superiores, para proceder luego a la explotación; esto nos permitirá rellenar los bancos de 12 m. de altura por 6 m. de ancho con relleno detrítico ó desmonte; manteniéndose esta secuencia para realizar el minado de Sub Level Stopping.

- **Perforación:** Raptor Junior de doble anclaje.
- **Sostenimiento:** Shotcrete 4" con fibra de acero.
- **Relleno:** Detrítico ó Desmonte la 2da. Etapa de la explotación.
- **Voladura:** Anfo.
- **Limpieza.** Scooptram con telemando.

Figura 11. Ciclo de minado taladros largos



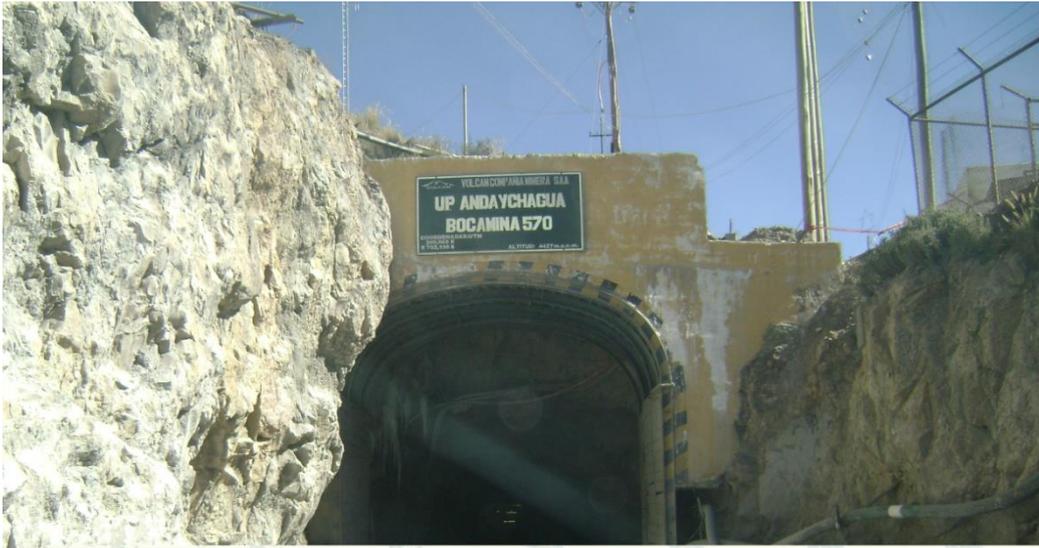


Foto nº1. Unidad de Producción Andaychahua, bocamina 570



Foto nº2. Entrada al nivel 570

CAPITULO VII

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SOPORTE PARA EL SHOTCRETE EN LA MINERÍA

7.1. DISEÑO POR CONDICIONES DE RESISTENCIA Y ESTABILIDAD.

7.1.1. Parámetros geotécnicos.

La industria minera ha utilizado tradicionalmente métodos empíricos apoyados por alguna forma de clasificación del macizo rocoso para el diseño del sistema de soporte. Los sistemas de clasificación del macizo rocoso se han utilizado para agrupar áreas de características geomecánicas similares, con el fin de proporcionar una guía para abordar el comportamiento respecto a estabilidad y para seleccionar el tipo de apoyo apropiado. Ejemplos de sistemas comúnmente usados son:

- Sistema Q (Grimstad & Barton¹²).
- Sistema RMR (Bieniawski¹³).
- Nuevo sistema Austríaco para la Construcción de

- Túneles (NATM).
- Método de la curva características del suelo (Brady and Brown14).

El diseño del soporte con hormigón proyectado en minería tiende a diferir del enfoque de diseño de túneles, debido a que la orientación de la excavación, las condiciones de profundidad y tensiones pueden variar a lo largo de una mina subterránea y durante la vida de operación.

El perfil del túnel y su tamaño también pueden afectar la especificación del hormigón proyectado, en su resistencia o espesor.

7.1.2. Preparación del sustrato

El desempeño del hormigón proyectado puede ser afectado significativamente por la calidad de la preparación del sustrato. Consideraciones generales son la limpieza de la superficie, el flujo de agua, el material de relleno de discontinuidades, etc.

7.1.3. Interacción con otros elementos de soporte del suelo.

En el diseño del hormigón proyectado se debe considerar la posible interacción con otros elementos de apoyo tales como pernos de anclajes, malla, barras, corchetes, arcos y placas.

Estos requisitos debieran ser examinados y especificados por un consultor geotécnico o ingeniero con experiencia en esta área.

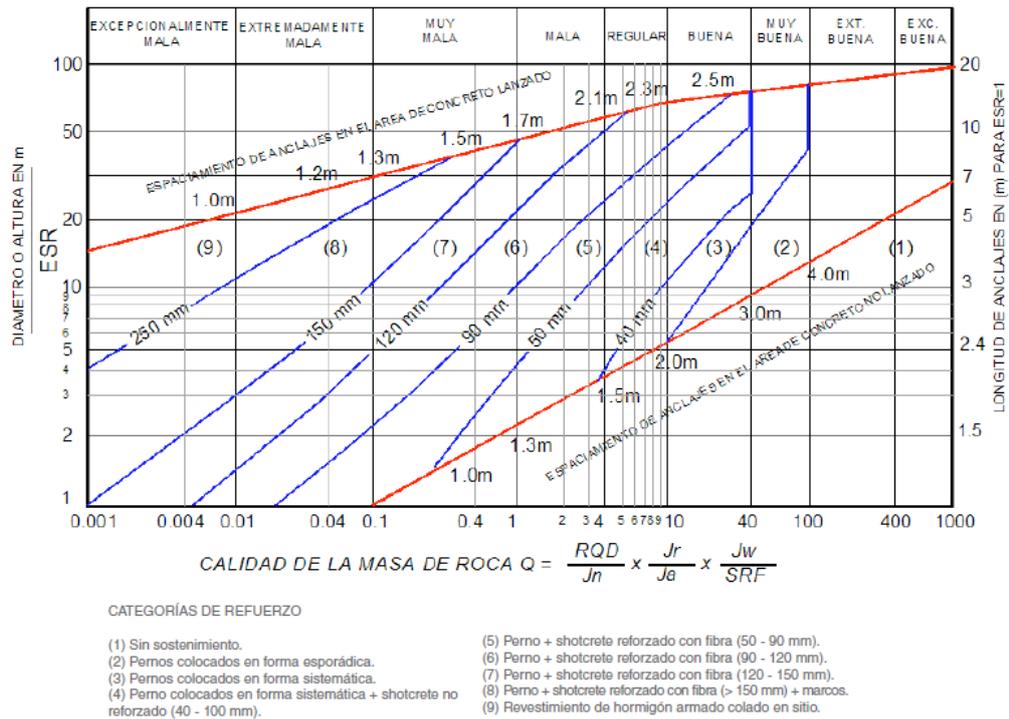


Figura 2.10 Categorías de soporte basada en el índice Q (tomado de Grimstad Barton¹³).

7.2. DISEÑO POR CONDICIONES DE SERVICIO.

7.2.1. Flujos de agua subterránea.

Los flujos de agua subterránea excesivos pueden afectar la unión del hormigón proyectado con el sustrato y el comportamiento último debido a la presión excesiva del agua que se acumula detrás del hormigón

7.2.2. Requerimientos de terminación de las superficies.

Puede ser necesario un acabado liso por razones estéticas, para reducir la rugosidad de la superficie y la abrasión o para mejorar la ventilación y mejorar el flujo de algún fluido. Los acabados lisos también se pueden especificar por motivos de seguridad en talleres,

estacionamientos, salas o áreas donde los seres humanos o máquinas puedan entrar en contacto con la superficie

7.3. DISEÑO POR CONDICIONES DE DURABILIDAD.

7.3.1. Vida útil de la excavación

El diseño del hormigón proyectado debe tener en cuenta la longitud de la vida de servicio requerida para el túnel, cámara, eje, pase de minerales u otra excavación

7.3.2. Abrasión.

En aplicaciones en las que el hormigón proyectado se somete a desgaste por flujos de roca, se puede requerir mejorar la resistencia a la abrasión y las propiedades resistentes al impacto mediante el uso de hormigón proyectado o de mayor tenacidad o a través de la adición de materiales especiales tales como el corindón.

7.3.3. Temperatura y humedad.

Subterráneos, minas y túneles pueden tener ambientes muy secos con altos flujos de aire y elevadas temperaturas los que pueden causar agrietamiento por retracción plástica y/o de secado. Este factor debe ser evaluado en el diseño y debe prestarse especial atención al curado.

7.3.4. Fragilidad.

La tenacidad del hormigón proyectado cambia con la edad y en determinadas circunstancias, en particular para una matriz de cemento muy fuerte y para grandes deflexiones.

Por ejemplo, la tenacidad obtenida a los 28 días no necesariamente puede ser mantenida a edades posteriores. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta el grado de deformación que podría sufrir un revestimiento del hormigón proyectado a edades más tardías a la hora de seleccionar el tipo y la tasa de dosificación de fibra que se usa como refuerzo. La sollicitación más severa sobre un revestimiento de FRS no necesariamente se encuentra a edades tempranas.

7.4. OTROS FACTORES DE DISEÑO.

7.4.1. Resistencia al fuego.

Generalmente no se considera en las especificaciones del hormigón proyectado para aplicaciones mineras. Es un tema pendiente a falta de una reglamentación más acabada.

7.4.2. Túnel – perfil y tamaño.

El Perfil del túnel y sus dimensiones pueden afectar a los métodos y equipos de aplicación.

7.4.3. Tiempo de reingreso.

Si el tiempo de reingreso es crítico para la velocidad de desarrollo el hormigón proyectado puede ser aplicado 'en ciclos'. El ciclo del hormigón proyectado se define como la aplicación inmediata de hormigón proyectado una vez que la frente ya ha sido perforada, "quemada", excavada y retirada la marina y recibe una primera capa de shotcrete como revestimiento previo al inicio del nuevo ciclo de

perforación (se puede ampliar el ciclo si además se incluyen pernos, mallas, etc.).

7.4.4. Disponibilidad de materias primas.

La escasez permanente de materias primas (áridos) es un agravante cada año más relevante en la producción de shotcrete y por ende eleva los costos de un proyecto, en un futuro cercano se deberá considerar el uso de materiales de desecho disponible, tales como arenas de relaves o material estéril, siempre que se pueda alcanzar los requisitos de diseño se cumpla con las restricciones de la normativa vigente aplicables. La disponibilidad y variedad de cementos, materiales finos complementarios, aditivos, áridos y arenas pueden afectar al diseño de la mezcla y su desempeño.

7.4.5. Despacho.

El plazo de despacho desde la planta de mezclado de hormigón o de producción con materiales predosificados y la forma de entrega, por ejemplo, vehículo con mezclador o vehículo con agitador de hormigón, pueden afectar la calidad y el desempeño final del hormigón proyectado. Puede ser posible mitigar este problema con un diseño de mezcla y aditivos apropiados

La interacción con otras actividades debe ser considerada y el uso de las plantas dosificadoras subterráneas puede proporcionar una alternativa adecuada para las plantas de superficie.

7.4.6. Ensayos.

Al especificar ciertos ensayos en el hormigón proyectado, el usuario debe tener en cuenta el tipo y la frecuencia de las pruebas en relación con la importancia de la faena y la disponibilidad de instalaciones de ensayo debido a limitaciones específicas como la lejanía. Esto puede llevar a quien diseña a adoptar un enfoque más conservador, lo que afectará a las especificaciones de ensayo

Se deben considerar sistemas de monitoreo permanente para las aberturas o excavaciones que se mantendrán por un plazo extendido y se espera estén sometidas a grandes desplazamientos.

CAPITULO VIII

PROPIEDADES DEL HORMIGÓN PROYECTADO – SHOTCRETE

Las propiedades del hormigón proyectado se pueden especificar y medir utilizando los siguientes parámetros.

8.1. DOCILIDAD.

La docilidad se mide utilizando el ensayo de asentamiento de cono y corresponde al descenso del hormigón en estado plástico el que se ha colocado en un cono de metal normalizado y después de que el cono de metal ha sido llenado, compactado y levantado verticalmente de acuerdo a las normas correspondientes

ASTM C143 o NCh1019. La docilidad es una magnitud que en la práctica normal del hormigón se utiliza como un indicador aproximado de la trabajabilidad. Para hormigón proyectado este parámetro no debe utilizarse como un indicador de la capacidad de bombeo o la capacidad de proyección de una mezcla. El asentamiento de una mezcla es principalmente un indicador de la regularidad y uniformidad en las proporciones de la mezcla entre lotes o despachos.

8.1.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La principal propiedad especificada para el hormigón proyectado simple es la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión es la resistencia de un material a una fuerza de aplastamiento aplicada axialmente. La resistencia a la compresión no confinada de hormigón endurecido es uno de los muchos indicadores de la calidad del hormigón. Esta resistencia debe utilizarse como un indicador de la resistencia a la compresión de una mezcla una vez endurecida y se puede utilizar como una medida indirecta de otras propiedades mecánicas de la mezcla. La resistencia a compresión está solo indirectamente relacionada con otras propiedades, tales como el nivel de compactación, tenacidad, permeabilidad y la durabilidad, y por lo tanto no debe ser tomada como una guía exclusiva de la calidad del hormigón.

Tabla 3.2 Tenacidad recomendada en minería

| Tipo de Soporte | Absorción(*) |
|-----------------------------------|---------------------|
| No estructural o baja deformación | 280 Joules |
| Soporte moderado | 360 Joules |
| Alto nivel de soporte | 450 Joules |

*Medido en panel ASTM C1550 con 40mm de deflexión

Tabla 3.3 Tenacidad recomendada en obras civiles

| Deformación | Absorción(*) |
|-------------|-----------------------------|
| Pequeña | 3 MPa resistencia residual* |
| Grande | 400 Joules** |

* 3mm de deflexión medido en EN 14488-3

** 40mm de deflexión medido en ASTM C1550

8.1.2. DENSIDAD (MASA / UNIDAD DE VOLUMEN).

La densidad (masa / unidad de volumen) es un indicador de la calidad del hormigón proyectado, su densidad normal suele estar entre 2.200 y 2.400 kg/m³. Sin embargo, la densidad no es un buen indicador del nivel de compactación a menos que se disponga de datos históricos para un diseño de la mezcla específico. Las variaciones se producen como resultado de cambios en el diseño de la mezcla, de la selección de los áridos, su forma y su densidad y de variaciones en la compactación del hormigón proyectado.

8.1.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

El módulo de elasticidad (E_c), a menudo llamado Módulo de Young, es una medida de la rigidez mecánica del hormigón proyectado. El módulo de elasticidad en general se sitúa entre 25-30 GPa a una edad de 1 año. El hormigón proyectado con acelerante es generalmente menos rígido que el hormigón proyectado que no tiene acelerante. El módulo de elasticidad se ve afectado por el tipo de agregado grueso utilizado en una mezcla, pero es difícil de controlar y, por tanto, rara vez se especifica en aplicaciones de hormigón proyectado.

8.1.4. RETRACCIÓN POR SECADO

La retracción por secado del hormigón no restringido es una medida de la reducción en su longitud, a lo largo de una dimensión lineal, cuando se reduce su contenido de humedad. La retracción restringida de un material será menor que la retracción por secado no restringida, pero la relación entre los dos parámetros es compleja. La retracción por secado del hormigón proyectado varía con el contenido de agua, el tipo y tamaño de los agregados y las proporciones de la mezcla. La alta retracción por secado experimentada por el hormigón proyectado comparado con un hormigón normal de bajo asentamiento puede requerir de juntas de control más cercanas.

8.1.5. FLUENCIA LENTA (CREEP).

La fluencia lenta es la deformación en el tiempo de un material bajo carga. La deformación por fluencia lenta sufrida por un material se expresa comúnmente como una proporción respecto a la deformación unitaria a corto plazo producto de la deformación elástica. Este multiplicador se denomina “coeficiente de fluencia lenta”. La fluencia lenta en flexión del hormigón proyectado no está necesariamente relacionada con la fluencia del mismo material sometido a compresión, especialmente después que se ha producido la fisuración.

8.1.6. COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA.

El coeficiente de expansión térmica es la magnitud en la que el hormigón proyectado se expande o se contrae cuando la temperatura aumenta o disminuye. El valor del coeficiente de expansión térmica generalmente se requiere para realizar cálculos de control de grietas, en particular para aplicaciones a altas temperaturas (por ejemplo, revestimientos refractarios).

Normalmente se adopta una estimación de $11 \mu\text{strain}/^{\circ}\text{C}$ (Australia), tanto para hormigón proyectado como para hormigón convencional. El coeficiente de expansión térmica del hormigón varía directamente con el coeficiente de expansión térmica del agregado grueso y depende del contenido de sílice (cuanto mayor es el contenido de sílice, mayor es el coeficiente de expansión térmica del agregado, Neville 22).

8.2. DURABILIDAD.

8.2.1. Generalidades

El término durabilidad describe la capacidad del hormigón proyectado para resistir las influencias agresivas dentro del entorno de servicio a que está expuesto. Las influencias agresivas pueden incluir el clima, las temperaturas extremas, el agua de mar, el contacto con productos químicos o el impacto y la abrasión. El shotcrete puede exhibir una durabilidad comparable al hormigón convencional, por lo que la mayoría de las consideraciones de durabilidad y los ensayos que se aplican al hormigón convencional también se aplican al hormigón proyectado.

8.2.2. Contenido de cloruro y sulfato

Los cloruros pueden estar presentes en el hormigón proyectado si se han incorporado a la mezcla a través del uso de agregado contaminado, agua de mar, agua salobre, o por aditivos que contienen cloruros. Las principales preocupaciones debido a la presencia de iones de cloruro en el hormigón proyectado son los efectos adversos sobre la corrosión de los refuerzos de acero y el aumento de la retracción por secado.

Un elevado nivel de sulfatos puede estar presente en el hormigón proyectado proveniente de la composición de sus materiales componentes (es decir, del cemento, áridos, aditivos y agua).

Los efectos adversos más frecuentes en hormigón proyectado, debido a la presencia de altos niveles de sulfatos, están en la solidez de la matriz de hormigón, los tiempos de fraguado y en la resistencia a edades tardías.

8.2.3. Permeabilidad del shotcrete

La permeabilidad del hormigón es una medida de su resistencia al paso de gases o líquidos. Desafortunadamente, la permeabilidad es difícil de medir directamente, por lo tanto, se utilizan parámetros como la profundidad de penetración de agua a través de una muestra de hormigón después de un período dado de exposición para indicar la permeabilidad relativa. La profundidad de penetración de agua a través del hormigón proyectado incluido en las obras se puede determinar de acuerdo con la norma DIN 1048 Parte 5 o de NCh2262. La profundidad de penetración máxima permitida para diversas condiciones de

exposición puede variar entre 30 y 50 mm, pero debe considerarse que la variabilidad normal en este parámetro para las muestras así preparadas es de aproximadamente 15 a 20mm de profundidad de penetración.

8.2.4. Absorción de agua y ensayos de compactación

La absorción del hormigón es la cantidad de agua (u otro líquido), que el hormigón absorbe a través de los vacíos y poros cuando se sumerge en dicho líquido. Por consiguiente, la capacidad de absorción del hormigón proyectado es una medida indirecta del volumen de vacíos en el material. Pueden realizarse diversas pruebas en relación con el contenido de huecos en el hormigón proyectado, y es posible también especificar los valores máximos (por ejemplo, el volumen aparente máximo de vacíos permeables o la máxima tasa de absorción en agua hirviendo). Estas pruebas se especifican a menudo en hormigón proyectado para comprobar el grado de compactación in situ.

Por lo general, se realizan en testigos extraídos de paneles de prueba. El nivel de compactación conseguido también se puede medir como la diferencia relativa de densidad del hormigón proyectado en comparación con la densidad del hormigón en probeta modelada.

8.2.5. Reactividad álcali-sílice (ASR)

Esta reacción ocurre normalmente entre los constituyentes de sílice reactiva dentro del agregado y los álcalis en el cemento, y también se conoce como reactividad álcali-agregado

(AAR). La reacción se inicia con un ataque a los minerales silíceos en el agregado por hidróxidos alcalinos en el agua intersticial derivado de álcalis que pueden haberse originado desde el interior del hormigón, a través de Na_2O y K_2O en el cemento o externamente por alguna otra fuente. Esto se traduce en un gel de álcali-sílice que se forma, ya sea en planos de debilidad o poros en el agregado (donde este presente la sílice reactiva), o en la superficie de las partículas de agregado. Esto puede afectar la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento hidratada circundante.

8.2.6. Unión al sustrato

La resistencia de la unión entre una capa de hormigón proyectado y un sustrato subyacente depende de muchas variables, incluyendo el tipo y la condición del sustrato.

Diferentes materiales presentan amplia diferencia en su capacidad de adherencia. La superficie a proyectar debe estar limpia y sin residuos para maximizar el desarrollo de la adherencia se ha observado que la preparación por hidrolavado promueve una mayor capacidad de adherencia en tanto que, en algunas aplicaciones, el uso de un agente promotor de adherencia también puede mejorar esta capacidad

CAPITULO IX

MATERIALES CONSTITUYENTES

El hormigón proyectado está constituido por cemento, árido fino (arena) y árido grueso (hasta 10mm), agua, aditivos y eventualmente adiciones finas complementarias tales como la microsílíce. La relación a/c, que corresponde a la masa de agua dividida por la masa total de cemento en la mezcla de hormigón proyectado, es un parámetro importante especialmente en las especificaciones tradicionales de durabilidad del hormigón, aun cuando su uso en nuestro país se está abandonando en favor de mediciones directas de la permeabilidad del hormigón.

9.1. CEMENTO.

El cemento normalmente utilizado en nuestro país para hormigón proyectado es el cemento portland puzolánico o portland siderúrgico de alta resistencia, el que debe cumplir con la norma NCh148.

9.2. MATERIALES FINOS COMPLEMENTARIOS.

9.2.1. Microsílice

La microsíllice o humo de sílice (silica fume) es una forma de sílice amorfa. Es un material finamente dividido que se puede añadir al hormigón proyectado para mejorar o lograr ciertas propiedades en estado fresco y/o endurecido. Los beneficios del uso de humo de sílice en el hormigón proyectado incluyen: una mayor durabilidad incluyendo la reducción de la permeabilidad debido al menor tamaño de partícula, el que es significativamente más pequeño que una partícula de cemento; la reducción del rebote; mejora de la adherencia a los sustratos; mejora en la capacidad de bombeo, reduciendo el desgaste en la bomba y la boquilla; y mejora en la cohesión de la mezcla lo que permite la proyección de shotcrete de capas más gruesas. Una dosis típica de humo de sílice en el hormigón proyectado generalmente oscila entre 5% a 10% en peso con respecto al cemento, pero se recomienda consultar la opinión de un especialista para determinar los niveles adecuados a una aplicación específica.

9.3. ÁRIDOS.

Los agregados deben cumplir con la norma NCh163. Cada árido individual en la mezcla debe tener una clasificación de acuerdo con la granulometría recomendada por el proveedor o el comprador. Las granulometrías fuera de NCh163 se pueden utilizar si se demuestra que su uso en el shotcrete permite lograr el comportamiento requerido. Generalmente el uso de arenas más finas en el shotcrete resulta en una

mayor retracción, mientras que el uso de arenas gruesas generalmente resulta en aumento del rebote.

9.4. AGUA DE MEZCLADO.

La calidad del agua de mezclado puede tener un efecto significativo en el comportamiento del hormigón proyectado. El agua de amasado debe ser obtenida a partir de una fuente de calidad aceptable que cumpla con la norma NCh1498, fundamentalmente agua potable, si es posible. Si el agua potable no está disponible, se necesitan más pruebas para determinar su idoneidad.

9.5. ADITIVOS QUÍMICOS.

9.5.1. Generalidades.

Los aditivos químicos y su uso debe cumplir con la norma NCh2182 (ciertas características de los aditivos no están consideradas en las normas Chilenas, en ese caso es recomendable considerar normas ASTM o UNE como referencia). Cuando se proponen dos o más aditivos para su incorporación en una mezcla de hormigón proyectado, se debe probar su compatibilidad antes de su uso, para evitar efectos no deseados o, alternativamente, los fabricantes de los aditivos deben certificar la idoneidad de la secuencia propuesta y su compatibilidad. Existen cuatro categorías principales de aditivos químicos para hormigón proyectado, los que se enumeran a continuación y se utilizan para mejorar algunos aspectos del comportamiento del hormigón proyectado, tales como la capacidad de bombeo, el control del fraguado y de la hidratación y la resistencia.

9.5.2. Reductores de agua de bajo rango.

Los reductores de agua se utilizan para mejorar la trabajabilidad y/o reducir la relación agua/cemento. Pueden tener otros efectos como un retraso en el inicio de fraguado y puede ser necesaria la opinión de un experto y/o ensayos para verificar este comportamiento. Hay que advertir que el ajuste de la mezcla puede ser demoroso. Se debe consultar las recomendaciones del fabricante para obtener detalles específicos y para realizar en conjunto los ensayos que se puedan requerir.

9.5.3. Reductores de agua de alto rango (superplástificantes).

Los reductores de agua de alto rango y su uso no están incluidos en la norma NCh2182, por tanto queda a criterio del proveedor y la constructora la realización de los ensayos de aptitud, compatibilidad y desempeño. Los reductores de agua de alto rango se utilizan para aumentar la resistencia final, por su manejo en bajas relaciones de agua/cemento, o para aumentar considerablemente la trabajabilidad de una mezcla sin perder resistencia.

9.5.4. Controlador de hidratación.

El hormigón que requiere ser transportado a distancias considerables o mantenido en un estado plástico por un número de horas o días, requiere la adición de aditivos especiales para mantener la trabajabilidad adecuada. El proceso de hidratación del cemento ocasiona una rápida reducción de la trabajabilidad debido a la formación de cristales de silicato de calcio hidratado, los que se entrelazan. Para evitar este proceso, se puede incorporar un aditivo de control de hidratación,

comúnmente conocido como un “estabilizador”, el cual cubre los granos de cemento y detiene temporalmente el proceso normal de hidratación. La extensión de tiempo que se logra antes del inicio de fraguado se determina por la dosis de aditivo utilizada.

9.5.5. Acelerantes.

Los acelerantes se utilizan principalmente para ayudar a la colocación del hormigón proyectado mediante la aceleración del fraguado normal de la mezcla y también pueden acelerar el desarrollo de resistencia inicial. La sobredosis de un acelerador del fraguado puede retardar la velocidad de desarrollo de la resistencia y comprometer la durabilidad del hormigón, por lo que se deben respetar las recomendaciones del fabricante

Tabla 4.1 Acelerantes para uso en hormigón normal y hormigón proyectado - shotcrete

| Clase / Categoría | Compuesto activo | Características |
|--------------------------------|--|--|
| Químicos para hormigón normal. | | |
| Cloruro de Calcio | CaCl ₂ | Relativamente rápido, aumenta la exudación y retracción por secado, promueve la corrosión del acero. |
| Nitrato de Calcio | CaNO ₃ | Seguro, pero relativamente lento, aumenta la retracción. |
| Trietanolamina | C ₆ H ₁₅ NO ₃ | Seguro, pero relativamente lento, aumenta la retracción. |

Químicos para hormigón proyectado - shotcrete

| | | |
|---------------------|--|--|
| Hidróxidos | NaOH, KOH | Altamente cáustico, dañino para los ojos. |
| Carbonatos | Na ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃ | Altamente cáustico, dañino para los ojos. |
| Aluminatos de sodio | NaAlO ₂ | Cáustico, promueve la rigidización mediante la formación de gel. |
| Silicato de sodio | NaO·nSiO ₂ | Altamente cáustico, dañino, promueve la rigidización a través de la formación de gel. |
| Aluminato de calcio | CaO·Al ₂ O ₃ | No cáustico, ligeramente alcalino y seguro, conocido como tipo "alkali-free", acelerante en base de polvo. |
| Sulfato de aluminio | Al ₂ (SO ₄) ₃ | No cáustico, ligeramente ácido y seguro, conocido como tipo "alkali-free", acelerante en base líquido o polvo. |

9.6. OTROS ADITIVOS

Estos pueden incluir pigmentos de diferentes colores, aditivos para mejorar la permeabilidad, para el control de la retracción o mejorar el curado interno. Todos los aditivos deben utilizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y los requisitos de compatibilidad.

9.6.1. FIBRAS DE REFUERZO.

Concepto: "Filamento alargado y esbelto en forma de manojo, malla o hebra de material natural o manufacturado que puede ser distribuido a través del hormigón fresco". ASTM C 1116. La misma norma clasifica las fibras para hormigón y uso en shotcrete de acuerdo al tipo de material.

Tipo I: Fibras de acero (inoxidable, de aleación, o al carbón).

Tipo II: Fibras de vidrio (pueden sufrir el ataque de los álcalis, a menos que sean especialmente producidas como resistentes a estos).

Tipo III: Fibras sintéticas (polipropileno de homopolímero virgen, otros materiales deben poseer historial de durabilidad).

Las fibras suelen ser cortas (hasta 65 mm de largo) y delgadas (menos de 1 mm de diámetro) por lo general de gran capacidad a la tracción. Las

fibras pueden añadirse para mejorar la resistencia al impacto, o controlar la retracción, pero su función principal es proporcionar capacidad de carga después de la fisuración del hormigón proyectado, para lo cual se utiliza macro fibras ya sea de acero o sintéticas

9.6.2. MALLAS O BARRAS DE ACERO.

Al igual que en el hormigón convencional el refuerzo de acero se utiliza en situaciones donde se requiere que el hormigón proyectado resista esfuerzos de tracción. La cantidad de armadura necesaria para fines estructurales se debe calcular de acuerdo con los códigos de diseño correspondientes. El tamaño de malla recomendado para cualquier calibre de barra es de un mínimo de 50x50 mm o 100x100 mm de espaciado de la cuadrícula o superior. Debe tenerse presente que se obtiene una estructura más robusta cuando el acero de refuerzo está diseñado y colocado para causar la menor interferencia con la colocación del hormigón



N° 3 Aplicación de shotcrete sobre malla.



N° 4 Instalación de malla en túnel.

CAPITULO X

DISEÑO DE LA MEZCLA DEL CONCRETO CONVENCIONAL

Muchos de los principios de la tecnología del hormigón convencional se pueden aplicar a la elaboración de la mezcla de hormigón proyectado, particularmente al hormigón por vía húmeda. Las principales diferencias entre el hormigón convencional y el hormigón proyectado son la granulometría del árido, el contenido de cemento, método de transporte y colocación y la selección de aditivos. El proceso de diseño de la mezcla necesita considerar, pero no está limitada a, los siguientes aspectos:

10.1. PASOS A SEGUIR PARA DISEÑAR MEZCLAS DE CONCRETO

Paso 1.

Definición de parámetros básicos $f'c$, $f'cr$, peso específico de todos los materiales. T.M., agregados, slump, relación agua cemento, porcentaje de aire.

Paso 2.

Averiguar lo máximo que se puede sobre el proyecto: Condiciones climáticas, tipo de estructuras, sistema de vaciado, sistema de curado, disposición de equipo de producción, sistema de control de calidad.

Paso 3.

Estimar la cantidad de agua m³ y el porcentaje de aire:

- Tabla Comité ACI 211
- Experiencia practica
- Generalmente entre 180 y 200 lt/m³
- Tener en cuenta si se usan aditivos

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

| Slump | Tamaño máximo de agregado | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 4" |
| Concreto sin Aire Incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | --- |
| % Aire atrapado | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire Incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | --- |
| % de Aire Incorporado en función del grado de exposición | | | | | | | | |
| Normal | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 |
| Moderada | 8 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |
| Extrema | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4 |

Paso 4.

Definir relación agua cemento

En base a f'_{cr} y tabla comité ACI 211

La establecen las especificaciones técnicas por durabilidad

Relación Agua/Cemento vs f'_{c}

Relación Agua/Cemento vs f'_{c}

| f'_{c} a 28 Días (Kg/cm ²) | Relación Agua/Cemento en peso | |
|--|-------------------------------|----------------------|
| | Sin aire Incorporado | Con aire Incorporado |
| 450 | 0.38 | ----- |
| 400 | 0.42 | ----- |
| 350 | 0.47 | 0.39 |
| 300 | 0.54 | 0.45 |
| 250 | 0.61 | 0.52 |
| 200 | 0.69 | 0.6 |
| 150 | 0.79 | 0.7 |

Relación Agua - Cemento por resistencia

| Relación A/C de diseño en peso | | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| f'_{c} (28 días) | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 150 | 0.8 | 0.71 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Relación Agua - Cemento por resistencia

| F_c (28 días) | Relación agua/cemento para diversos contenidos de aire total. | | | |
|----------------------|--|------|------|------|
| | 2% | 4% | 6% | 8% |
| 140 | 0.76 | 0.71 | 0.67 | 0.6 |
| 175 | 0.67 | 0.62 | 0.58 | 0.51 |
| 210 | 0.6 | 0.55 | 0.51 | 0.45 |
| 245 | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.37 |
| 280 | 0.49 | 0.45 | 0.4 | 0.33 |
| 315 | 0.45 | 0.4 | 0.36 | 0.29 |

tabla confeccionada por Stanton Walker

Relación Agua - Cemento por resistencia

| f'_{c} (28 días) | Estimación de la relación A/C en peso para agregado grueso del TMN indicado. | | |
|-------------------------|---|------|--------|
| | 3/8" | 3/4" | 1 1/2" |
| | 140 | 0.87 | 0.85 |
| 175 | 0.79 | 0.76 | 0.71 |
| 210 | 0.72 | 0.69 | 0.64 |
| 245 | 0.66 | 0.62 | 0.58 |
| 280 | 0.61 | 0.58 | 0.53 |
| 315 | 0.57 | 0.53 | 0.49 |
| 350 | 0.53 | 0.49 | 0.45 |

tabla confeccionada Nacional Ready Mixed Concrete Association

Relación Agua - Cemento por resistencia

| Relación A/C | Concreto sin aire incorporado | | Concreto con aire incorporado | |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | f'_{c} kg/cm ² | Cemento Kg/m ³ | f'_{c} kg/cm ² | Cemento Kg/m ³ |
| | 0.40 | 385 | 414 | 315 |
| 0.45 | 350 | 365 | 280 | 325 |
| 0.50 | 305 | 329 | 250 | 287 |
| 0.55 | 280 | 298 | 230 | 276 |
| 0.60 | 240 | 265 | 195 | 240 |
| 0.65 | 214 | 250 | 182 | 228 |
| 0.70 | 180 | 234 | 150 | 213 |
| 0.75 | 170 | 223 | 140 | 191 |

tabla confeccionada por Bureau of Reclamation de los Estados Unidos

CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION

TABLA 07

CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION

| Condiciones de exposición | Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal | Resistencia en compresión mínima en concretos con agregados livianos |
|--|---|--|
| <p>Concreto de baja permeabilidad</p> <p>(a) Expuesto a agua dulce.....</p> <p>(b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles.....</p> <p>(c) Expuesto a la acción de aguas cloacales.....</p> | <p style="text-align: center;">0.50</p> <p style="text-align: center;">0.45</p> <p style="text-align: center;">0.45</p> | 2.60 |
| <p>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas</p> <p>(a) Bardineles, cunetas, secciones delgadas.....</p> <p>(b) Otros elementos</p> | <p style="text-align: center;">0.45</p> <p style="text-align: center;">0.50</p> | 300 |
| <p>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas</p> <p>Sí el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.....</p> | <p style="text-align: center;">0.40</p> <p style="text-align: center;">0.45</p> | 325 |
| | | 300 |

La resistencia f_c no deberá ser menor de 245 Kg/Cm² por razones de durabilidad

Paso 5.

Calcular el cemento en peso y volumen absoluto

Peso cemento en kg = Peso agua en Kg/(Relación A/C

Volumen cemento en m³ = Peso Cemento en kg/Peso específico
cemento en Kg/m³

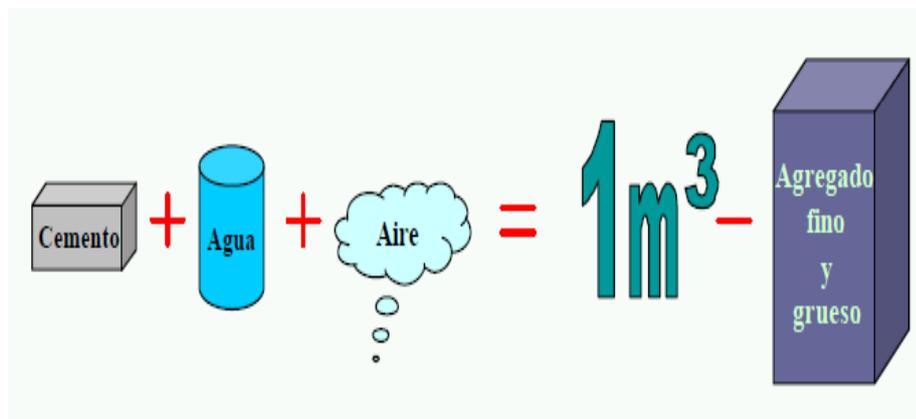
Paso 6.

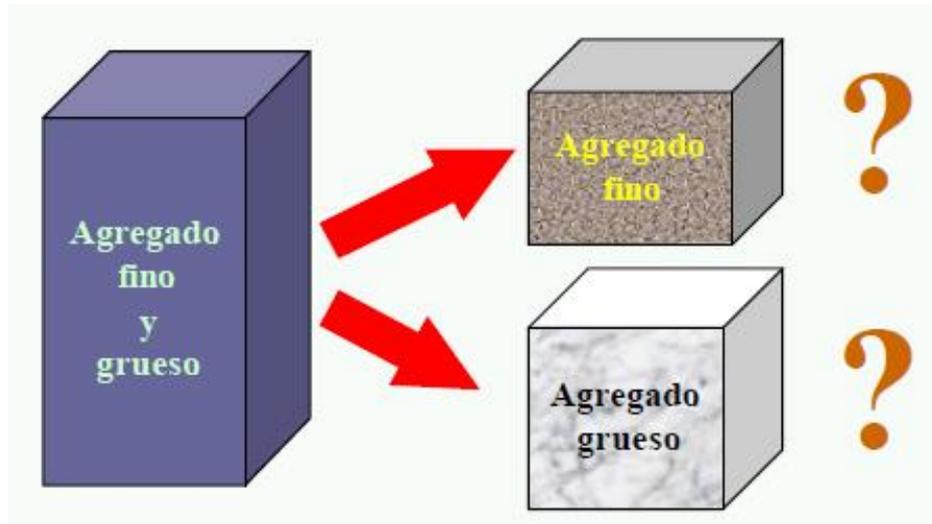
Calcular los aditivos en volumen absoluto y peso

- Peso aditivo en kg = Dosis en porcentaje por peso cemento en kg/100
- Volumen aditivo en m³ = Peso aditivo en kg/ peso específico aditivo en kg/m³

Paso 7.

Hacer balance de pesos y volúmenes absolutos de lo calculado: cemento, agua, aire, aditivo, y calcular por diferencia con 1.00 m³ el volumen por completar con agregados.





Paso 8.

Repartir el volumen remanente entre los porcentajes determinados para la arena y piedra y calcular los pesos:

Es importante:

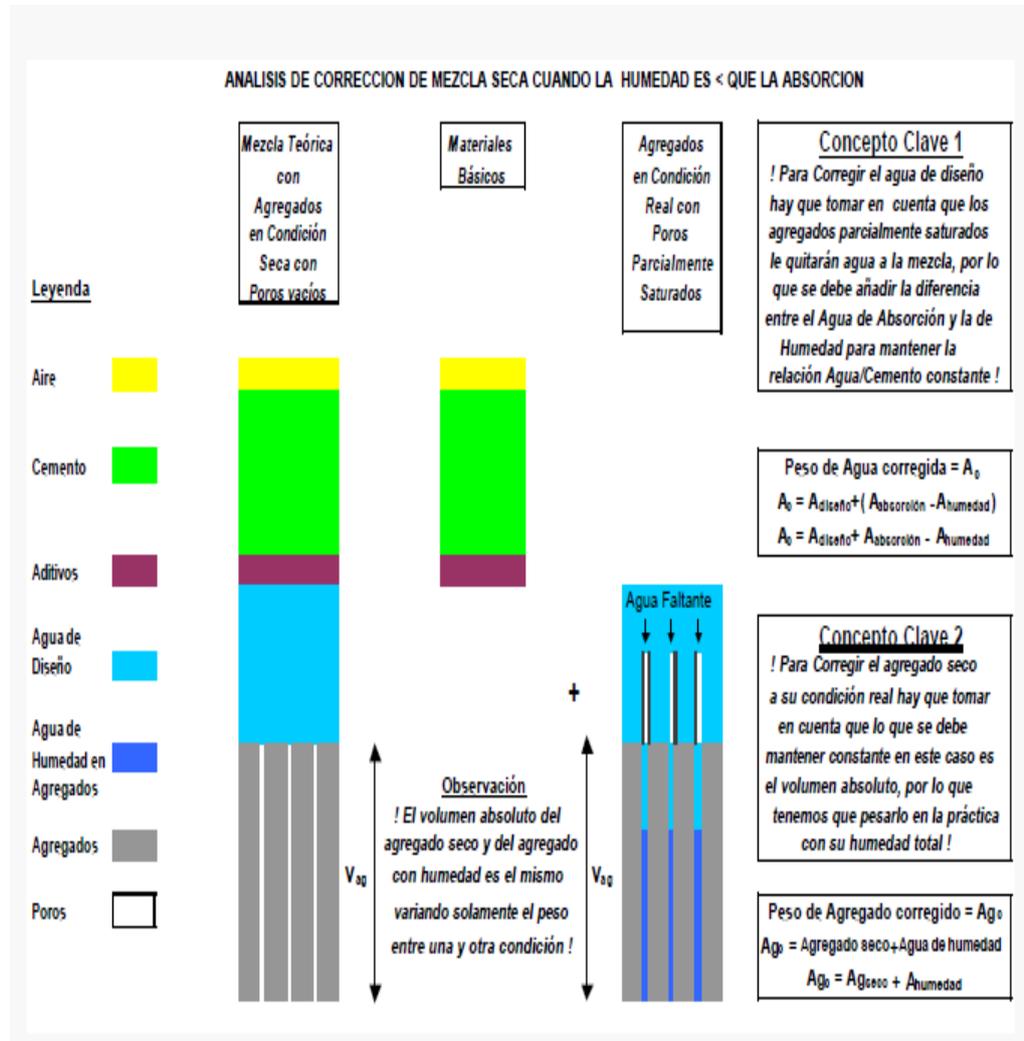
- Volumen de arena = porcentaje de arena por volumen remanente
- Peso arena = Volumen de arena por peso específico de arena
- Volumen de piedra = Porcentaje de piedra por Volumen remanente
- Peso de piedra = Volumen de piedra por peso específico de piedra

Paso 9.

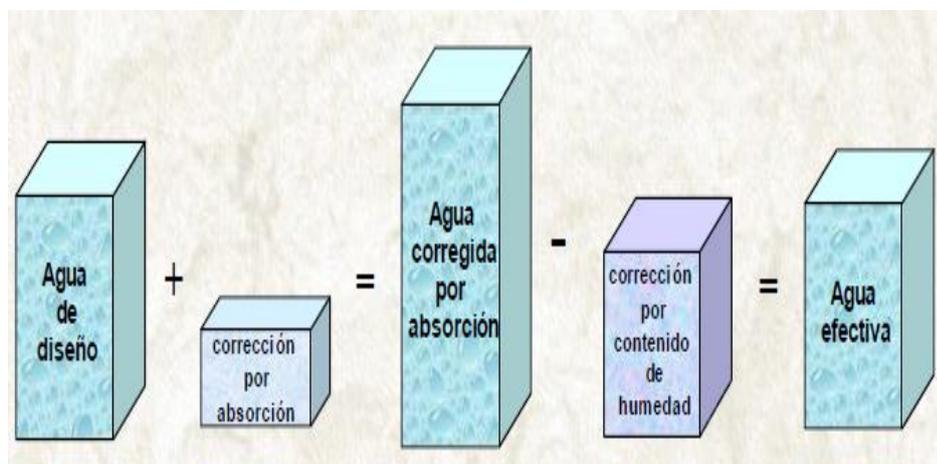
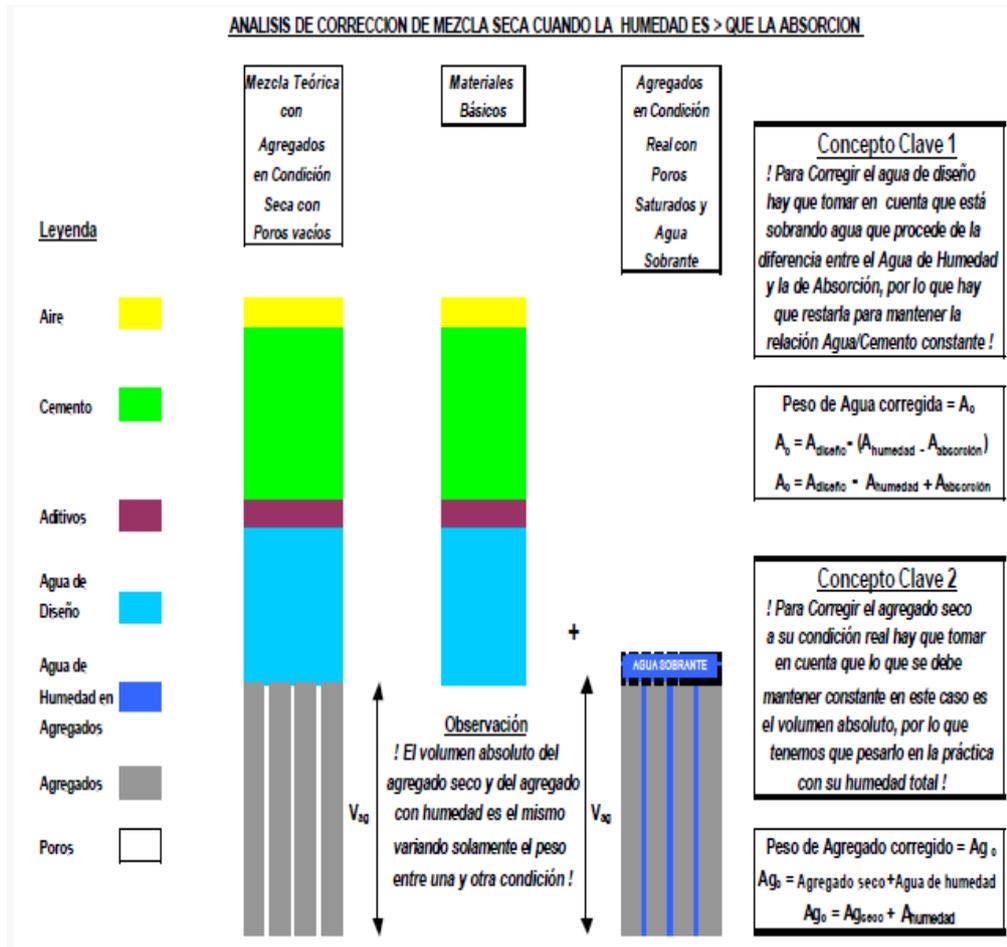
Revisar que el balance final cuadre para 1.00 m³ y que el peso unitario total este dentro de lo normal (2,300 kg/m³ a 2400 kg/m³ con agregados normales).

Hasta aquí el diseño esta completo para condiciones de laboratorio y hay que corregirlo para aplicarlo en la obra.

10.2. ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DE MEZCLA SECA CUANDO LA HUMEDAD ES MENOR QUE LA ABSORCIÓN.



10.3. ANÁLISIS DE CORRECCIÓN DE MEZCLA SECA CUANDO LA HUMEDAD ES MAYOR QUE LA ABSORCIÓN.



10.4. APLICACIÓN EN EL TAJEO UNO, DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO Y SU CORRECCION.

Paso 1.

Definición de parámetros básicos

Diseñar por el método del ACI

$F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

T. M = 2"

Slump = 4"

| Elemento | P.esp. seco Kg/m ³ | P. Unitario Kg/m ³ | M.F. | Absorc . % | Humeda d % |
|----------|----------------------------------|----------------------------------|------|------------------|------------------|
| Cemento | 3,150 | 1,400 | | | |
| Arena | 2,700 | 1,600 | 2,80 | 2,3 | 5,1 |
| Piedra | 2,600 | 1,550 | 5,85 | 1,1 | 0,3 |
| Agua | 1,000 | | | | |
| Aditivos | 1,200 | | | | |

Aditivos (Dosis 0.5% del peso del cemento) sin aire incorporado

Paso 2.

Estimar la cantidad de agua/m³ y el % de aire

Tabla Comité ACI 211

Agua = 193 kg/m³

Aire = 1,5 %

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregados y contenido de aire

| Slump | Tamaño máximo de agregado | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 4" |
| Concreto sin Aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | --- |
| % Aire atrapado | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | --- |
| % de Aire incorporado en función del grado de exposición | | | | | | | | |
| Normal | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 |
| Moderada | 8 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |
| Extrema | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4 |

Paso 3.

Definir la relación A/C

En base a f'_{cr} y Tabla Comité ACI 211

Agua/cemento = 0.61

Relación Agua / Cemento vs f'_{c}

| f'_{c} a 28 Días (Kg/cm ²) | Relación Agua/Cemento en peso | |
|--|-------------------------------|----------------------|
| | Sin aire Incorporado | Con aire Incorporado |
| 450 | 0.38 | ---- |
| 400 | 0.42 | ---- |
| 350 | 0.47 | 0.39 |
| 300 | 0.54 | 0.45 |
| 250 | 0.61 | 0.52 |
| 200 | 0.69 | 0.6 |
| 150 | 0.79 | 0.7 |

Paso 4.

Calcular el cemento en peso y volumen absoluto

Peso cemento en kg. = Peso Agua en kg/(relación A/C)

Peso cemento en kg = 193 kg/0.61 = 361 kg

Volumen cemento en m³ = 361 kg/3,150 kg/m³ = 0,1003 m³

Paso 5.

Calcular los aditivos en volumen absoluto y peso

Peso aditivo en kg = Dosis en % x Peso cemento/1,000

Peso Aditivo en kg = 0.5% x 361 kg/100 = 1,58 kg

Volumen aditivo en m³ = Peso aditivo en kg/P.esp.aditivo

Volumen aditivo en m³ = 1,58 kg/1,200 kg/m³ = 0,0013 m³

Paso 6.

Hacer balance de pesos y volúmenes absolutos de lo ya calculado:

cemento, agua, aire, aditivo, y calcular por diferencia con 1.00 m³ el volumen por completar con agregados.

| ELEMENTO | PESO EN KG/M3 | VOLUMEN EN M3/M3 |
|---|---------------|--|
| Agua | 193.00 | 0.1930 |
| Cemento | 316.00 | 0.1003 |
| Aditivo | 1.58 | 0.0013 |
| Aire | | 0.0150 |
| Balance Volúmenes | | 0.3096 |
| Saldo por completar con Piedra y arena | | 1.0m3 - 0.3096 m3 = 0.6904 m3 |

Paso 7.

Establecer el porcentaje de intervención de arena y piedra

Tabla comité ACI 211

Volumen de agregados grueso comparado en seco por metro cubico de concreto

| Tamaño Máximo del agregado | Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de finiza de la arena | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|
| | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 |
| 3/8" | 0.5 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.6 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.82 | 0.79 | 0.78 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

NOTA :

El volumen absoluto se calcula multiplicando el de la tabla por el peso unitario compactado en seco de la piedra y dividiendo por su peso específico seco

$$\text{Peso Piedra} = 0.67 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \times 1,550 \text{ kg/m}^3 =$$

$$1,038.5 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Absoluto Piedra} = 1,038.5 \text{ kg} / 2,600 \text{ kg/m}^3 =$$

$$0.3994 \text{ m}^3$$

Paso 8.

Determinar el volumen remanente de arena por diferencia y calcular los pesos

| ELEMENTO | PESO EN KG/M ³ | VOLUMEN EN M ³ /M ³ |
|--|--|--|
| Agua | 193.00 | 0.1930 |
| Cemento | 316.00 | 0.1003 |
| Aditivo | 1.58 | 0.0013 |
| Aire | | 0.0150 |
| Balance Volúmenes | | 0.2961 |
| Saldo por completar con Piedra y arena | | 1.0m ³ - 0.3096 m ³ = 0.6904 m ³ |
| Piedra calculada | 1,038.5 | 0.3994 |
| Vol. Arena por diferencia | | 0.6904m ³ -0.3994m ³ = 0.2910 m ³ |
| Cálculo de peso arena | 0.2910m ³ x 2700kg/m ³ = 785.7kg | |

Paso 9.

Revisar que el balance final cuadre para 1,00 m³ y que el peso unitario total este dentro de lo normal (2,300 kg/m³ a 2,400 kg/m³ con agregados normales)

| ELEMENTO | PESO EN KG/M ³ | VOLUMEN EN M ³ /M ³ |
|---------------|---------------------------|---|
| Agua | 193.00 | 0.1930 |
| Cemento | 316.00 | 0.1003 |
| Aditivo | 1.58 | 0.0013 |
| Aire | | 0.0150 |
| Piedra | 1,038.5 | 0.3994 |
| Arena | 785.7 | 0.2910 |
| Balance Total | 2,335 | 1.0000 |

Hasta aquí el diseño esta completo para condiciones de laboratorio, hay que corregirlo para aplicar en el tajeo.

Diseño para poder aplicar en el tajeo

| ELEMENTO | PESOS SECOS EN KG. (1) | AGUA DE ABSORCION EN KG (2) | AGUA DE HUMEDAD EN KG (3) | PESOS CORREGIDOS EN KG |
|----------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|
| Agua | 193 | | | $(1)+(2)-(3) = 193+11.4+18.1 - 3.1-40.1= 179.3$ |
| Cemento | 316 | | | 316 |
| Aditivo | 1.58 | | | 1.58 |
| Aire | | | | |
| Piedra | 1,039 | $1,039 \times 1.1/100 = 11.4$ | $1,039 \times 0.3/100 = 3.1$ | $(1)+(3) = 1,039+3.1= 1042$ |
| Arena | 786 | $786 \times 2.3/100 = 18.1$ | $786 \times 5.1/100 = 40.1$ | $(1)+(3) = 786+40.1= 826$ |
| TOTAL | 2,372 | 30.3 | 45.0 | 2,365 |

10.5. APLICACIÓN EN EL TAJEO DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO Y SU CORRECCION.

Paso 1.

Definición de parámetros básicos

Diseñar por el método del ACI

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

T. M = 0,50" = 1 1/4"

Slump = 4"

| Elemento | P.esp. seco Kg/m ³ | P. Unitario Kg/m ³ | M.F. | Absorción. % | Humedad % |
|----------|----------------------------------|----------------------------------|------|-----------------|--------------|
| Cemento | 3,150 | 1,400 | | | |
| Arena | 2,700 | 1,600 | 2,80 | 1,3 | 1,0 |
| Piedra | 2,600 | 1,550 | 5,85 | 1,0 | 2,3 |
| Agua | 1,000 | | | | |
| Aditivos | 1,200 | | | | |

Aditivos (Dosis 0.1% del peso del cemento) con aire incorporado 5%

Paso 2.

Estimar la cantidad de agua/m³ y el % de aire:

Tabla de comité ACI 211

Agua = 165 kg/m³

Aire = 5. % (Exposición moderada a severa)

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump,
tamaño máximo de agregados y contenido de aire

| Slump | Tamaño máximo de agregado | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|------|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 4" |
| Concreto sin Aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ---- |
| % Aire atrapado | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ---- |
| % de Aire incorporado en función del grado de exposición | | | | | | | | |
| Normal | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 |
| Moderada | 8 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |
| Extrema | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4 |

| Slump | Tamaño máximo de agregado | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 4" |
| Concreto sin Aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | --- |
| % Aire atrapado | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | --- |
| % de Aire incorporado en función del grado de exposición | | | | | | | | |
| Normal | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 |
| Moderada | 8 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |
| Extrema | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4 |

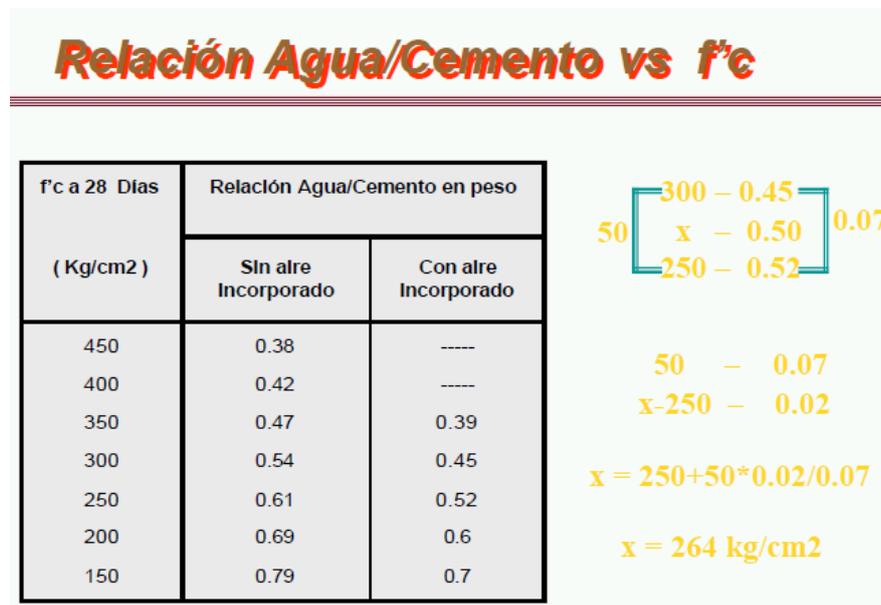
Paso 3.

Definir relación A/C

Según el dato es = 0.50

Calculo del f'c.

Relación agua/cemento vs f'c



Determinar cuál de los dos prima f'c o relación A/C

Vemos que

F'c por A/C mayor f'c estructural

Prima la relación Agua/cemento

Paso 4.

Calcular el cemento en peso y volumen absoluto

Peso cemento en kg. = Peso Agua en kg/(relación A/C)

Peso cemento en kg = 165 kg/0.51 = 330 kg

Volumen cemento en m3 = 330 kg/3,150 kg/m3 = 0,1048 m3

Paso 5.

Calcular los aditivos en volumen absoluto y peso

Peso aditivo en kg = Dosis en % x Peso cemento/1,000

Peso Aditivo en kg = 0.1% x 330 kg/100 = 0,33 kg

Volumen aditivo en m³ = Peso aditivo en kg/P.esp.aditivo

Volumen aditivo en m³ = 0,33 kg/1,200 kg/m³ = 0,003 m³

Paso 6.

Hacer balance de pesos y volúmenes absolutos de lo ya calculado: cemento, agua, aire, aditivo, y calcular por diferencia con 1.00 m³ el volumen por completar con agregados.

| ELEMENTO | PESO EN KG/M3 | VOLUMEN EN M3/M3 |
|---|----------------------|---|
| Agua | 165.00 | 0.1650 |
| Cemento | 330.00 | 0.1048 |
| Aditivo | 0.33 | 0.0003 |
| Aire | | 0.0500 |
| Balance Volúmenes | | 0.3201 |
| Saldo por completar con Piedra y arena | | 1.0m³ - 0.3201 m³ = 0.6799 m³ |

Paso 7.

Establecer el porcentaje de intervención de arena y piedra

Tabla comité ACI 211

Volumen de agregados grueso comparado en seco por metro cubico de concreto

Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto

| Tamaño Máximo del agregado | Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza de la arena | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|
| | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 |
| 3/8" | 0.5 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.6 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.82 | 0.79 | 0.78 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

NOTA :
El volumen absoluto se calcula multiplicando el de la tabla por el peso unitario compactado en seco de la piedra y dividiendo por su peso específico seco

$\text{Peso Piedra} = 0.71 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 1,550 \text{ kg/m}^3 =$
1,100.5 kg

$\text{Vol. Absoluto Piedra} = 1,100.5 \text{ kg} / 2,600 \text{ kg/m}^3 =$
0.4233 m³

Paso 8.

Determinar el volumen remanente de arena por diferencia y calcular los pesos

| ELEMENTO | PESO EN KG/M3 | VOLUMEN EN M3/M3 |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Agua | 165.00 | 0.1650 |
| Cemento | 330.00 | 0.1048 |
| Aditivo | 0.33 | 0.0003 |
| Aire | | 0.0500 |
| Balance Volúmenes | | 0.3201 |
| Saldo por completar con Piedra y arena | | 1.0m3 - 0.3201 m3 = 0.6799 m3 |
| Piedra calculada | 1,100.5 | 0.4233 |
| Vol. Arena por diferencia | | 0.6799m3-0.4233m3 = 0.2566 m3 |
| Cálculo de peso arena | 0.2566m3x 2700kg/m3 = 692.8kg | |

Paso 9. Revisar que el balance final cuadre para 1,00 m3 y que el peso unitario total este dentro de lo normal (2,300 kg/m3 a 2,400 kh/m3 con agregados normales)

| ELEMENTO | PESO EN KG/M3 | VOLUMEN EN M3/M3 |
|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Agua | 165.00 | 0.1650 |
| Cemento | 330.00 | 0.1048 |
| Aditivo | 0.33 | 0.0003 |
| Aire | | 0.0500 |
| Piedra | 1,100.5 | 0.4233 |
| Arena | 692.8 | 0.2566 |
| Balance Total | 2,289 | 1.0000 |

Hasta aquí el diseño esta completo para condiciones de laboratorio, hay que corregirlo para aplicar en el tajeo.

10.6. CORRECCIONES PARA SU APLICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO EN LA UNIDAD ANDAYCHAGUA

| ELEMENTO | PESOS SECOS EN KG. (1) | AGUA DE ABSORCION EN KG (2) | AGUA DE HUMEDAD EN KG (3) | PESOS CORREGIDOS EN KG |
|----------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| Agua | 165 | | | $(1)+(2)-(3) = 165+11.0+9.0-25.3-6.9= 152.8$ |
| Cemento | 330 | | | 330 |
| Aditivo | 0.33 | | | 0.33 |
| Aire | | | | |
| Piedra | 1,100.5 | $1,100.5 \times 1.0 / 100 = 11.0$ | $1,10.5 \times 2.3 / 100 = 25.3$ | $(1)+(3) = 1,100.5+25.3= 1126$ |
| Arena | 692.8 | $692.8 \times 1.3 / 100 = 9.0$ | $692.8 \times 1.0 / 100 = 6.9$ | $(1)+(3) = 692.8+6.9= 699.7$ |
| TOTAL | 2,372 | 30.3 | 45.0 | 2,309 |

12

CAPITULO XI

BASES TÉCNICAS PARA EL PREPARADO DE CONCRETO SHOTCRETE

11.1. BASES TÉCNICAS PARA EL PREPARADO DE CONCRETO SHOTCRETE VÍA HÚMEDA.

11.1.1. Generalidades

El Shotcrete vía húmeda se utilizará en las diferentes labores subterráneas para mantener en condiciones permanentes de **seguridad** y **estabilidad** de las labores mineras.

La planta Dosificadora tendrá que producir shotcrete vía húmeda, sin interrumpir los despachos programados. A la vez todos los pesajes deben ser registrados por triplicado, el mezclador de shotcrete debe ser de capacidad mínima de 1 m³.

11.1.2. Finalidad

El trabajo de Shotcrete vía húmeda incluye el suministro de materiales, equipos, herramientas y la mano de obra necesaria para ejecutar la preparación y aplicación de este elemento en las áreas que la mina requiera.

11.1.3. Equipos:

Planta dosificadora

Silos de almacenamiento de cemento

Silo de almacenamiento de Filler Calizo

Cargador Frontal o similar

Mixer para el traslado hasta los frentes de aplicación

Equipo robotizado lanzador de shotcrete, Camioneta

11.1.4. Cantidad de shotcrete lanzado

600m³ por mes a más en un turno.

11.1.5. Diseño de mezcla para shotcrete vía húmeda f'c = 210

kg/cm²

| Descripción | Unidad | Cantidad | Observaciones |
|-------------------|--------|----------|-------------------------------------|
| Cemento | Kg | 360 | Andino Tipo I |
| Áridos lavados | Kg | 1675 | Cantera Cochamarca |
| Rheobuild | Lt | 4.18 | Super-plastificante |
| Delvo | Lt | 1.80 | Inhibidor de agua |
| Filler Calizo | Kg | 25.00 | |
| Fibra Masterfiber | Kg | 5.00 | Sintética |
| Meyco SA 160 | lt | 21.10 | Acelerante para labores permanentes |
| V-LOX | Gal | 3.00 | Acelerante para labores temporales |
| Agua | lt | 160 | |

La resistencia requerida es de 210 kg/cm² a los 7 días.

11.1.6. Mediciones para el Pago

las mediciones se realizarán por metros cúbicos salidos de planta, estos deben estar verificados en la mina a razón de 10m² como mínimo por metro cúbico aplicado a un espesor de 2”.

11.1.7. Las mediciones de mina

lo realizará topografía, para el cual se requiere la participación de un supervisor de Unicon.

Los calibradores serán instalados por las Empresas Especializadas dueñas de las labores.

Se realizarán pruebas de rebote una vez por mes, el día y hora lo fijará el supervisor de shotcrete.

Se elaborará penalidades por incumplimiento de contrato (ambas partes), incumplimiento de áreas no cubiertas por m³, por perjudicar la producción y por mayor rebote.

11.2. PREPARDO DE MEZCLA.

11.2.1. Finalidad

El trabajo consiste en suministro de materiales, equipos, herramientas y la mano de obra necesaria para ejecutar la preparación de mezcla para shotcrete vía húmeda y entregar en planta:

11.2.2. Rendimiento

600m³ por mes mínimo

**11.2.3. DISEÑO DE MEZCLA PARA SHOTCRETE VÍA HÚMEDA $f'_c =$
210 kg/cm²**

| Descripción | Unidad | Cantidad | Observaciones |
|--------------------|---------------|-----------------|--|
| Cemento | Kg | 400 | Andino Tipo I |
| Áridos lavados | Kg | 1675 | Cantera |
| Rheobuild | Lt | 4.18 | Super-plastificante |
| Delvo | Lt | 1.73 | Inhibidor de agua |
| Fibra Dramix | Kg | 20.00 | Metálica u otra fibra metálica similar |
| Meyco SA 160 | lt | 21.10 | Acelerante para labores permanentes |
| V-LOX | Gal | 3.00 | Acelerante para labores temporales |
| Agua | lt | 171 | |

11.2.4. REQUERIMIENTOS EN PLANTA

La planta Dosificadora tendrá que producir shotcrete vía húmeda, sin interrumpir los despachos programados. A la vez todos los pesajes deben ser registrados por triplicado.

El agua de amizado deberá tener una constante temperatura de aproximadamente 30°C.

El aire para el trasegado de cemento así como para las instalaciones neumáticas deberá proporcionar el contratista.

El aditivo (plastificante reductor de agua) deberá ser suministrado con dosificador.

Las fibras deberán ser suministradas con un dosificador mecánico.

Para el abastecimiento de materiales áridos a las tolvas se deberá utilizar cargador frontal u otro similar de propiedad del contratista.

Se deberá contar con un laboratorio completo apropiado para el control de calidad de los áridos y del shotcrete; el laboratorio deberá contar con cortadora de concreto, hornos, extractora de corazones de concreto, prensa hidráulica, poza de curado con agua temperada, probetas, bateas, vigas y otros.

El personal deberá tener la experiencia suficiente para la operación.

El contratista tendrá que proveer de equipo de protección personal (EPP) completo al personal, lámparas, impermeables, lentes, y otros según requerimientos de la operación.

11.2.5. ABASTECIMIENTO DE MEZCLA HÚMEDA PARA SHOTCRETE

La mezcla tendrá que ser verificada visualmente.

Se deberá realizar pruebas de asentamiento por medio del cono de Abrams.

Semanalmente se realizará pruebas de rendimiento de la mezcla.

Todo despacho de mezcla para shotcrete vía húmeda se realizará con una guía de remisión en el acto de entregar una mezcla.

La mezcla deberá tener un tiempo de utilización de aproximadamente 2 horas desde el momento que sale de la planta teniendo la posibilidad de incrementarle aditivos estabilizadores de fragua si se emplea después de este tiempo.

Se deberá muestrear el shotcrete en interior mina mínimo tres veces por semana o las veces que el supervisor lo solicite.

Se realizarán pruebas de resistencia in situ y en paneles (bateas y vigas) que serán cortados en superficie, para pruebas a la flexión o compresión.

La resistencia debe llegar a los 210 kg/cm² a los 7 días

Mensualmente se certificará las resistencias del shotcrete con un laboratorio particular la que la supervisión indique.

Mediciones para el Pago: las mediciones se realizarán por metros cúbicos salidos de planta.

11.3. ABASTECIMIENTO DE MEZCLA PARA SHOTCRETE VÍA SECA.

11.3.1. Finalidad

El trabajo consiste en suministro de materiales, equipos, herramientas y la mano de obra necesaria para ejecutar la preparación de mezcla para shotcrete vía seca y entregar en planta:

11.3.2. Rendimiento

1,800 a 2,200m³ por mes, aproximadamente.

Para el abastecimiento de mezcla vía seca puede ser la misma planta que el de vía húmeda u otra, para el cual se debe complementar con los siguientes equipos:

- Planta Dosificadora al peso, con mando electrónico y salida a impresora.
- Mezcladora para shotcrete vía seca

- Laboratorio completo para el control de calidad: Horno. Balanzas de precisión al gramo, diamantina, cortadora, prensa para rotura de probetas, zarandas y demás equipos de laboratorio.
- Planta secadora de áridos

11.3.3. DISEÑO DE MEZCLA PARA SHOTCRETE VÍA SECA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

| Descripción | Unidad | Cantidad | Observaciones |
|----------------|--------|----------|-------------------------|
| Cemento | Kg | 400 | Andino Tipo I |
| Áridos lavados | Kg | 1675 | Cantera Cochamarca |
| Fibra Dramix | Kg | 20.00 | Metálica u otra similar |

11.3.4. Características de la Mezcla.

El agregado deberá contar con una humedad de 5 a 6%, caso en que los áridos este con más humedad se deberá secar.

La fibra deberá ser metálica.

El cemento deberá ser Portland Tipo I, no se empleará adiciones de minerales como la filler calizo.

La entrega se realizará con guía de remisión a las empresas especializadas que lo soliciten.

La mezcla se debe preparar una vez solicitado y no se deberá almacenar hasta su despacho.

Se obtendrá paneles en mina para los controles respectivos tres veces por semana como mínimo o las veces que el supervisor lo requiera.

La resistencia requerida es de 210 kg /cm² a los 7 días.

Mensualmente se tendrá que certificar las resistencias del shotcrete con un laboratorio particular la misma que el supervisor lo indique.

11.3.5. TRANSPORTE DE MEZCLA VÍA SECA A INTERIOR MINA

Se requiere el transporte de mezcla desde la planta hasta interior mina, a las cámaras establecidas en los niveles 390, 355 y 310; o hasta las labores en estos mismos niveles, de acuerdo a las indicaciones de las operaciones de mina; esto puede ser en Dumper, Scoop u otro equipo.

Transporte de planta hasta la cámara taller Nivel 390, distancia: 1695m

Transporte de planta hasta la cámara del Nivel 355, distancia: 2568m

Transporte de planta hasta la cámara del Nivel 310, distancia: 3004m

11.4. ABASTECIMIENTO DE MEZCLA PARA CONCRETO BOMBEADO.

11.4.1. Finalidad

El trabajo consiste en suministro de materiales, equipos, herramientas y la mano de obra necesaria para ejecutar la preparación de Convencional para la preparación de losas en interior mina, que deberá ser bombeado desde una cámara cercana a la zona de operación.

11.4.2. Rendimiento

200 a 300m³ por mes aproximadamente.

Para las preparaciones se deberá realizar con dosificaciones al peso, el mismo que deberá ser registrado en impresiones por triplicado.

El concreto deberá tener resistencias a la compresión de: 100, 140, 175 y 210 kg/cm² a los 28 días.

Se realizará pruebas de rendimiento de la mezcla, las veces que requiera el supervisor.

La preparación de concreto no deberá interrumpir la aplicación de shotcrete vía húmeda, ni el despacho de mezcla para shotcrete vía seca y vía húmeda.

11.4.3. Características de los materiales para el concreto lanzado

EL CEMENTO

El cemento Pórtland Tipo I

Se utilizará de acuerdo a las normas nacionales ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas) y a la Estadounidense ASTM -C150 o ASTM- C595 (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales).

EL AGUA

El agua deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto y acero.

El Contratista en coordinación con la Supervisión extraerán muestras representativas de agua, las cuales se realizarán un análisis químico no debe tener valores superiores a los máximos admisibles de las sustancias existentes:

| SUSTANCIAS DISUELTAS | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|-----------------------|------------------------|
| Cloruros | 300 ppm |
| Sulfatos | 300 ppm |
| Sales de magnesio | 150 ppm |
| Sales solubles | 1500 ppm |
| P.H. | 6 a 8 |
| Sólidos en suspensión | 1500 ppm |
| Materia orgánica | 10 ppm |

LOS AGREGADOS

Llamados también áridos y constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Los utilizados en la preparación del shotcrete se obtendrán por la selección y clasificación de materiales naturales de río.

Los agregados para el shotcrete, deberá cumplir con los requisitos de las especificaciones Standard ASTM C-33. Los agregados finos se consideran como tal a la arena de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (N° 4) y puede ser grava o piedra chancada.

La gradación de los agregados finos y gruesos combinados recomendable será la siguiente:

| <u>Tamaño Estándar de mallas (ASTM)</u> | <u>% que Pasa</u> |
|---|-------------------|
| 3/4'' | 100 |
| 1/2'' | 75 - 95 |
| 3/8'' | 65 - 80 |
| N° 4 | 48 - 64 |
| N° 8 | 34 - 54 |
| N° 16 | 20 - 36 |
| N° 50 | 7 - 18 |
| N° 100 | 3 - 12 |
| N° 200 | 0 - 5 |

Los agregados combinados, estarán uniformemente bien graduados y no mostrarán segregación alguna.

Estos agregados estarán compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de una calidad uniforme. Su forma será redondeada o cúbica y contendrá menos del 15% de partículas planas, delgadas o alargadas; definiéndose como una partícula alargada aquella que tiene su máxima dimensión 4 veces mayor que la mínima.

El polvo tiende a formar una película perjudicial en las partículas de los agregados, que afecta el proceso de fraguado del concreto.

No es necesario que los agregados estén completamente secos, pero los montones deberán estar situados en un lugar en donde pueden drenar y no ser inundados por el agua. La arena o el agregado deberán mantenerse en su condición óptima, cubriendo con lonas o manta de polipropileno, permitiendo

en esta forma que el viento circule sobre el montón pero impidiendo que la lluvia la humedezca.

ADITIVOS

Se permitirá el uso de aditivos tales como acelerantes de fragua, siempre y cuando sean de calidad reconocida y comprobada como V-Lox para labores temporales y Meico para labores permanentes. A la llegada de cada lote de aditivo se deben ejecutarán ensayos con las agujas de Gillmore para determinar los tiempos iniciales y finales de fragua, dichos ensayos confirmaran la calidad del lote de aditivo y será requisito indispensable para su aprobación de uso.

No se permitirá el uso de productos que contengan cloruros de calcio o nitratos.

PLASTIFICANTES (REDUCTORES DE AGUA)

Estos se utilizan con tres propósitos en el proceso por vía húmeda:

1. Para lograr una mayor resistencia al disminuir la relación agua/cemento.
2. Para facilitar la bombeabilidad durante los trabajos.
3. Para que el calor de hidratación disminuya y por lo tanto aumento en la resistencia en edades tempranas y distribución uniforme del cemento en el concreto.

SUPERFLUIDIFICANTES

Estos son más recientes y efectivos de ingredientes reductores de agua de alto rango. También existen los de retardador de fraguado de alto alcance. Los niveles de dosis generalmente son más altos que los reductores o retardadores convencionales.

11.4.4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Equipo de Protección

El shotcretero y el ayudante necesitan protegerse de los rebotes y de la nube de polvo de cemento que se genera durante la operación. El operador de la shotcretera y los ayudantes de ello también tener los mismos equipos de seguridad.

Casco tipo sombrero con carrilera, Lentes de Seguridad adecuado, pues si son de vidrio deberán ser comprobadas que son cristales anti choque y que no se empañen en el interior, protector de oídos, respirador, guantes de jebe neoprene, botas de jebe con punta de acero, correa porta lámparas, Mameluco con cinta reflectiva, Ropa de jebe (chaqueta y pantalones), Arnés de seguridad (si el caso no requiere).

11.4.5. PRUEBAS

La determinación de las propiedades del shotcrete son complicadas que para el concreto normal. Los resultados más confiables se obtienen por el examen de testigos cilíndricos de más o menos 50 mm de diámetro, también se pueden conseguir probetas cúbicas de 10x10x10 cm. Normalmente para la toma de muestra directa en la obra se confeccionan cajones de 50x50x12 cm provistos de un fondo el cual puede ser fijados en la superficie de aplicación. Y se debe aplicar exactamente de la misma manera que la superficie. Posterior al desencofrado, se podrá obtener la cantidad y tipos de muestras (testigos o cubos) requeridas.

Durante el control, se examinará su resistencia, su permeabilidad, adherencia con la superficie de aplicación, tensión, flexión, cizallamiento, etc.

Resistencia a la compresión. En la mayor de las veces es ligeramente inferior a la de un hormigón normal de granulometría 30mm, debido a la finura del hormigón proyectado. Como dato estándar alcanza resistencias a compresión no inferiores a 300kg/cm² a los 28 días. Sin embargo, una característica fundamental del hormigón proyectado es la evolución de resistencias con el tiempo a causa de su contenido elevado de cemento, 500kg /cm² a los 12 meses y 600 kg/cm² a los 4 años. Algunas veces se a reportado hasta 700kg/cm².

Por el uso de acelerantes de fragua se puede conseguir altos valores de resistencia inicial. Así, se puede tener la progresión de resistencias en base a mezcla de concreto prevista para obtener a la compresión de 28 días ($f'c = 250$ kg/cm²) se encuentra en los siguientes valores:

| TIEMPO TRANSCURRIDO | RESISTENCIA |
|---------------------|----------------------------|
| 2 hr | 14 a 18 kg/cm ² |
| 12 hr | 50 a 56 kg/cm ² |
| 24 hr | > 100 kg/cm ² |

Resistencia a tracción. Varía entre 20 - 30 kg/cm² a los 28 días y 30 - 55 kg/cm² a los 3 años. Esta resistencia mejora con la utilización de la fibra. La relación agua/cemento para el concreto lanzado esta comprendida entre 0.35 a 5.0 por peso, que es más baja que la mayoría de los valores para las mezclas convencionales.

La contracción por secado depende de las proporciones de mezclas empleadas, pero se encuentran entre 0.06 - 0.10 %

11.5. DISEÑO DEL SHOTCRETE $f'c = 280$.

11.5.1. DISEÑO DEL CONCRETO

| DISEÑOS SHOTCRETE $f'c = 280$ | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|--------------------|-------------|----------|----------------|--------|---------------|
| Cemento Andino Tipo 1 | | | Volcán | | | | |
| Materiales | Procedencia | P. esp. | Peso seco | Cantidad | UM | Precio | Precio US\$ |
| | | Kg./m ³ | | | | | |
| Cemento | Andino | 3150 | 425 | 10 | Bols. | 4.78 | 47.8 |
| Agua | De la zona | 1000 | 240 | | | | |
| Arena | De la zona | 2600 | 1582 | 1 | M ³ | 12.44 | 12.44 |
| Sika Fiber | Sika | - | 20 | 20 | Kg. | 1.39 | 27.8 |
| Meyco SA 160 | Basf (Gln) | 5 Gln. | - | 5 | Gls. | 5.21 | 26.05 |
| Pesos Totales | | | 2267 | | | 23.82 | 114.09 |
| Slump | | | 4" - 6" | | | | |
| Relación Agua /Cemento | | | 0.56 | | | | |

11.5.2. DATOS DE INGRESO

| Características de los Materiales | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|---------------|-----------------|--------|-----------|------|---------------|
| Material | Densidad | Precio por | Nombre/ Fuente | PVV | Absorcion | Tmax | Clasificacion |
| | Kg/m3 | Ton , lt , Kg | Material | Ton/m3 | % | mm | ASTM C 33 |
| Cemento: | 2950.00 | \$0.00 | Rocafuerte 1P | | | | |
| Silica Fume: | 2200.00 | \$0.00 | | | | | |
| Adición: | 2550.00 | \$0.00 | | | | | |
| Piedra 1: | 2540.00 | \$0.00 | Huayco 9 mm | 1.40 | 2.55% | 9 | 7 |
| Piedra 2: | 2700.00 | \$0.00 | | | 0.00% | 38 | 4 |
| Arena 1: | 2580.00 | \$0.00 | Arena triturada | 1.40 | 2.60% | | |
| Arena 2: | 2620.00 | \$0.00 | Arena Natural | 1.35 | 2.60% | | |
| Aditivo 1: | 1190.00 | \$0.00 | Rheobuild 726 | | | | |
| Aditivo 2: | 1440.00 | \$0.00 | Meyco SA 160 | | | | |
| Aditivo 3: | 1300.00 | \$0.00 | | | | | |
| Fibras: | 500.00 | \$0.00 | | | | | |

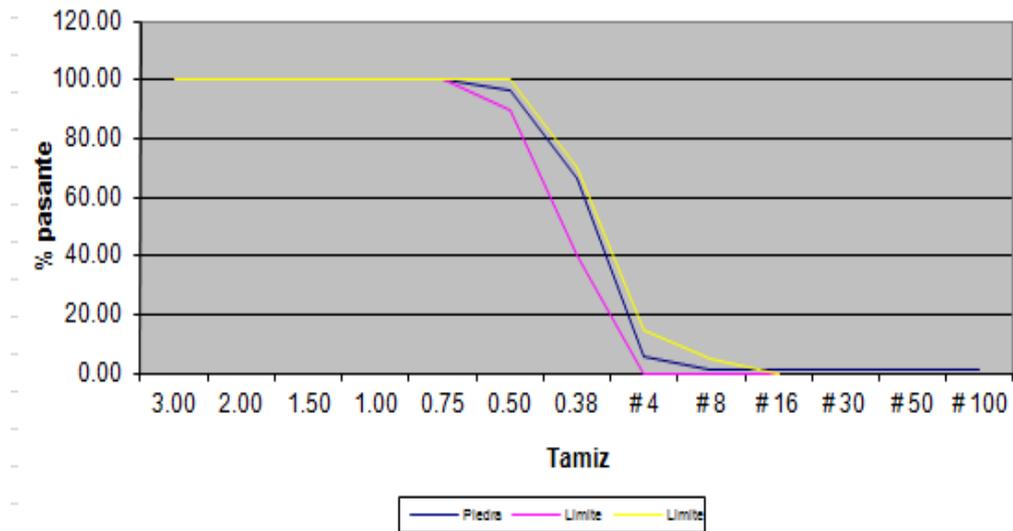
| Datos del diseno | | | |
|---|--------|---------|--------------------|
| Curva de diseno seleccionada | 2.00 | ACI #1 | 1 |
| Forma de piedra(redonda =0 angular =1): | 1 | ACI #2 | 2 |
| Silica Fume % : | 5.00 | EFNARC | E |
| Adiciones %: | 0.00 | | |
| Aire incorporado deseado %: | 2.00 | | |
| Fibras,Kg/m3: | 0.00 | | |
| F'c Kg/cm2 : | 350.00 | | |
| Asentamiento cm : | 18.00 | | |
| Total de cementantes: | 456.75 | | |
| Relación A/MC: | 0.38 | | |
| Relación Arena/Agregado: | 0.80 | | |
| Aditivo 1(% MC) : | 1.60 | | |
| Aditivo 2(% MC) : | 6.00 | | |
| Aditivo 3(% MC) : | 0.00 | | |
| Número de piedras a usar : | 1 | 100.00% | de Piedra 1 a usar |
| Número de arenas a usar : | 2 | 87.50% | de Arena 1 a usar |

| Tamiz | | Pesos retenidos en cada tamiz , grs | | | |
|-------|-------|-------------------------------------|------|-----------------|---------------|
| mm | inch | Huayco 9 mm | 0 | Arena triturada | Arena Natural |
| 75.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 37.50 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.50 | 0.50 | 183.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9.50 | 0.38 | 1658.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.75 | # 4 | 3335.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.36 | # 8 | 280.00 | 0.00 | 217.00 | 52.00 |
| 1.18 | # 16 | 0.00 | 0.00 | 121.00 | 56.00 |
| 0.60 | # 30 | 0.00 | 0.00 | 58.00 | 100.00 |
| 0.30 | # 50 | 0.00 | 0.00 | 27.00 | 183.00 |
| 0.15 | # 100 | 0.00 | 0.00 | 16.00 | 75.00 |
| | fondo | 44.00 | 1.00 | 61.00 | 34.00 |
| | Total | 5500 | 1.00 | 500.00 | 500.00 |

11.5.3. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA PIEDRA

| ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA PIEDRA | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------|----------|--------------------|--------|-----|-----|
| Obra: Mezcla para Shotcrete via humeda Tunel El Carmen | | | | Fecha: 21-oct-2017 | | | |
| Material: Huayco 9 mm | | Tmax 9 | | Elaborado: RCP | | | |
| Tamiz | Peso reten. | Peso reten. | % reten. | % pasante | ASTM | | |
| mm | inch | parcial | acum. | acum | 7 | | |
| 75.00 | 3.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 50.00 | 2.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 37.50 | 1.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 25.00 | 1.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 19.00 | 0.75 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 12.50 | 0.50 | 183 | 183.00 | 3.33 | 96.67 | 90 | 100 |
| 9.50 | 0.38 | 1658 | 1841.00 | 33.47 | 66.53 | 40 | 70 |
| 4.75 | # 4 | 3335 | 5176.00 | 94.11 | 5.89 | 0 | 15 |
| 2.36 | # 8 | 280 | 5456.00 | 99.20 | 0.80 | 0 | 5 |
| 1.18 | # 16 | 0 | 5456.00 | 99.20 | 0.80 | 0 | 0 |
| 0.60 | # 30 | 0 | 5456.00 | 99.20 | 0.80 | | |
| 0.30 | # 50 | 0 | 5456.00 | 99.20 | 0.80 | | |
| 0.15 | # 100 | 0 | 5456.00 | 99.20 | 0.80 | | |
| | fondo | 44 | 5500.00 | 100.00 | 0.00 | | |
| | total | 5500 | | | | | |
| | #200 | 62.4 | 5518.40 | 100.33 | -0.33 | | |
| | Modulo de finura: | 6.24 | | | | | |

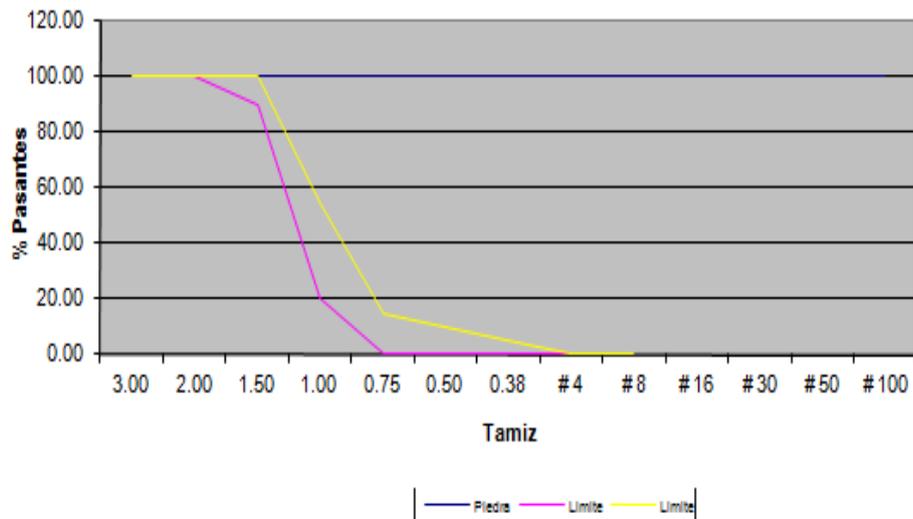
| Tamiz | | ASTM 467 | | ASTM 57 | | ASTM 67 | | ASTM 7 | | ASTM 8 | | ASTM 4 | |
|-------|-------|---------------|-------|-----------|------|-------------|------|-------------|-----|-------------|-----|---------------|-----|
| mm | inch | 1 1/2" a No 4 | | 1" a No 4 | | 3/4" a No 4 | | 1/2" a No 4 | | 3/8" a No 8 | | 1 1/2" a 3/4" | |
| 75.00 | 3.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 50.00 | 2.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 37.50 | 1.50 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 |
| 25.00 | 1.00 | 54.46 | 79.73 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 20 | 55 |
| 19.00 | 0.75 | 35 | 70 | 60 | 80 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 15 |
| 12.50 | 0.50 | 17.89 | 42.63 | 25 | 60 | 42.1 | 69.2 | 90 | 100 | 100 | 100 | 0 | 10 |
| 9.50 | 0.38 | 10 | 30 | 13.6 | 37.2 | 20 | 55 | 40 | 70 | 85 | 100 | 0 | 5 |
| 4.75 | # 4 | 0 | 5 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 15 | 10 | 30 | 0 | 0 |
| 2.36 | # 8 | | | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| 1.18 | # 16 | | | | | | | | | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 0.60 | # 30 | | | | | | | | | | | | |
| 0.30 | # 50 | | | | | | | | | | | | |
| 0.15 | # 100 | | | | | | | | | | | | |



11.5.4. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA PIEDRA N. 2

| ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA PIEDRA | | | | | | | |
|--|-------|-------------|-------------|--------------------|-----------|------|-----|
| Obra: Mezcla para Shotcrete via humeda Tunel El Carm | | | | Fecha: 21-oct-2017 | | | |
| Material: 0 | | Tmax 38 | | Elaborado: RCP | | | |
| Tamiz | | Peso reten. | Peso reten. | % reten. | % pasante | ASTM | |
| mm | inch | parcial | acum. | acum | | 4 | |
| 75.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 50.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 37.50 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 90 | 100 |
| 25.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 20 | 55 |
| 19.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0 | 15 |
| 12.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0 | 10 |
| 9.50 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0 | 5 |
| 4.75 | # 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 |
| 2.36 | # 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 |
| 1.18 | # 16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 0.60 | # 30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 0.30 | # 50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 0.15 | # 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| fondo | | 1.00 | 1.00 | 100.00 | 0.00 | | |
| total | | 1.00 | | | | | |
| #200 | | 0.2 | 0.20 | 20.00 | 80.00 | | |
| Modulo de finura : | | 0.00 | | | | | |

| Tamiz | | ASTM 467 | | ASTM 57 | | ASTM 67 | | ASTM 7 | | ASTM 8 | | ASTM 4 | |
|-------|-------|---------------|-------|-----------|------|-------------|-------|-------------|-----|-------------|-----|---------------|-----|
| mm | inch | 1 1/2" a No 4 | | 1" a No 4 | | 3/4" a No 4 | | 1/2" a No 4 | | 3/8" a No 8 | | 1 1/2" a 3/4" | |
| 75.00 | 3.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 50.00 | 2.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 37.50 | 1.50 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 |
| 25.00 | 1.00 | 54.46 | 79.73 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 20 | 55 |
| 19.00 | 0.75 | 35 | 70 | 60 | 80 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 15 |
| 12.50 | 0.50 | 17.89 | 42.63 | 25 | 60 | 42.1 | 69.21 | 90 | 100 | 100 | 100 | 0 | 10 |
| 9.50 | 0.38 | 10 | 30 | 13.6 | 37.2 | 20 | 55 | 40 | 70 | 85 | 100 | 0 | 5 |
| 4.75 | # 4 | 0 | 5 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 15 | 10 | 30 | 0 | 0 |
| 2.36 | # 8 | | | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| 1.18 | # 16 | | | | | | | | | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 0.60 | # 30 | | | | | | | | | | | | |
| 0.30 | # 50 | | | | | | | | | | | | |
| 0.15 | # 100 | | | | | | | | | | | | |

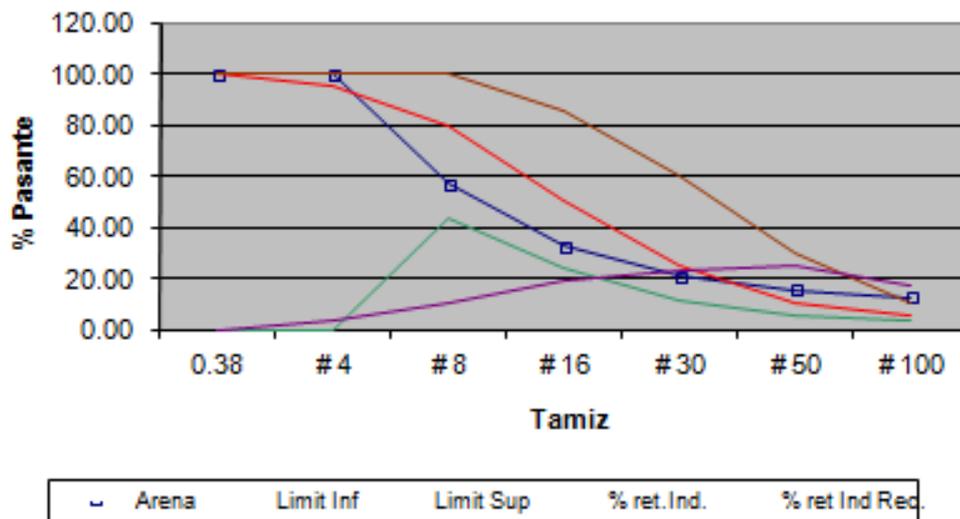


11.5.5. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA

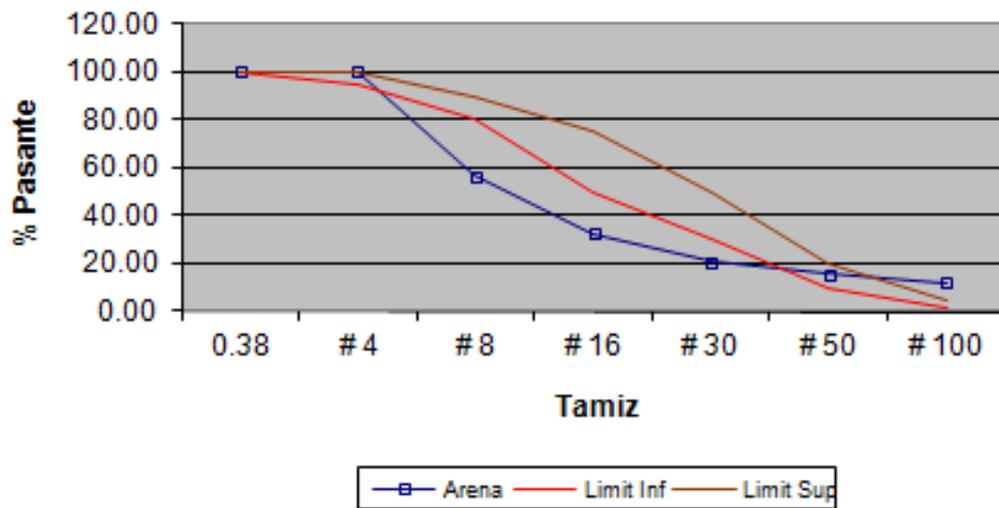
| ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA | | | | | | |
|--|--------------------|---------------------|-------------------|---------------|--------------------|------------|
| Obra: Mezcla para Shotcrete via humeda Tunel El Carmen | | | | | | Fecha: |
| Material: Arena triturada | | | | | | Elaborado: |
| Tamiz | | Peso reten. parcial | Peso reten. acum. | % reten. acum | %reten. Individual | % pasante |
| mm | inch | | | | | |
| 75.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 50.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 37.50 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 25.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 19.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 12.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 9.50 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4.75 | # 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2.36 | # 8 | 217.00 | 217.00 | 43.40 | 43.40 | 56.60 |
| 1.18 | # 16 | 121.00 | 338.00 | 67.60 | 24.20 | 32.40 |
| 0.60 | # 30 | 58.00 | 396.00 | 79.20 | 11.60 | 20.80 |
| 0.30 | # 50 | 27.00 | 423.00 | 84.60 | 5.40 | 15.40 |
| 0.15 | # 100 | 16.00 | 439.00 | 87.80 | 3.20 | 12.20 |
| | fondo | 61.00 | 500.00 | 100.00 | 12.20 | 0.00 |
| | total | 500.00 | | | | |
| | #200 | 108.43 | 547.43 | 109.49 | | -9.49 |
| | Modulo de finura : | | 3.63 | | | |

| Limites ASTM C33 | | Limites ACI 302 | | % ret ind. |
|---|----------|-----------------|-------------|-------------|
| Inferior | superior | Inferior | superior | Recomendado |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 95 | 100 | 95 | 100 | 3 |
| 80 | 100 | 80 | 90 | 10 |
| 50 | 85 | 50 | 75 | 19 |
| 25 | 60 | 30 | 50 | 23 |
| 10 | 30 | 10 | 20 | 25 |
| 5 | 10 | 2 | 5 | 17 |
| Recomendaciones para bombeabilidad : | | | % pass #50 | 15% al 30% |
| | | | % pass #100 | 5% al 10% |

ASTMC33



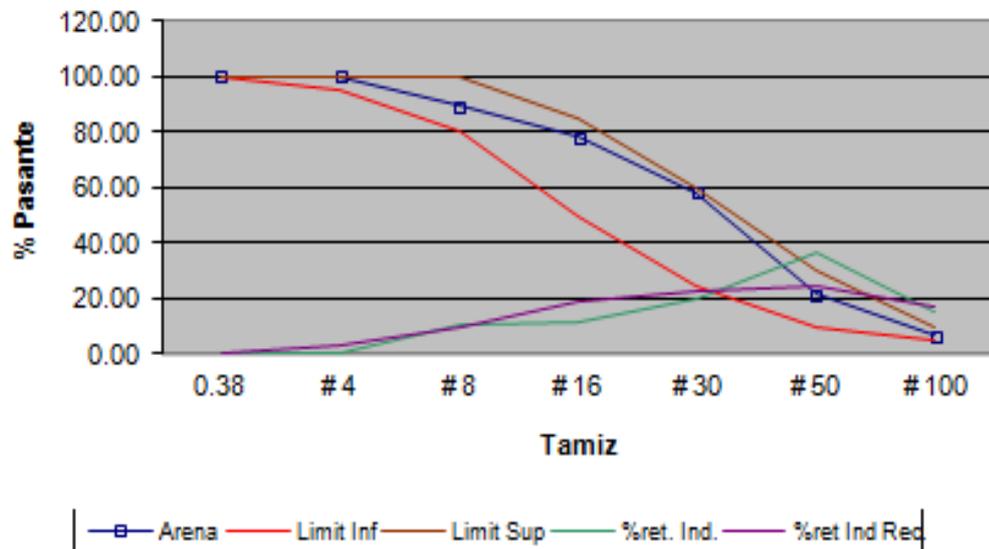
ACI 302



11.5.6. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA N. 2

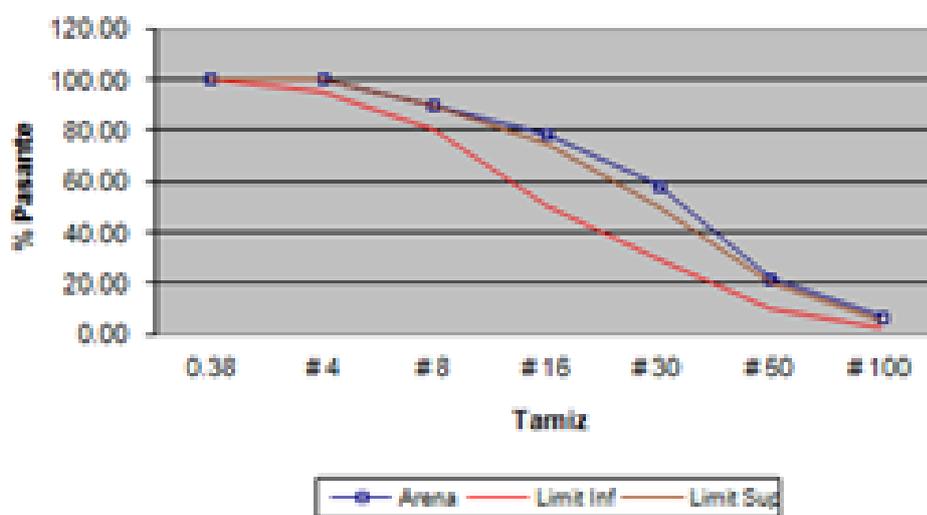
| ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA | | | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------|----------|------------|------------|
| Proyecto: Mezcla para Shotcrete via humeda Tunel El Carmen | | | | | | Fecha: |
| Material: Arena Natural | | | | | | Elaborado: |
| Tamiz | | Peso reten. | Peso reten. | % reten. | %reten. | % pasante |
| mm | inch | parcial | acum. | acum | Individual | |
| 75.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 50.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 37.50 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 25.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 19.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 12.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 9.50 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4.75 | # 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2.36 | # 8 | 52.00 | 52.00 | 10.40 | 10.40 | 89.60 |
| 1.18 | # 16 | 56.00 | 108.00 | 21.60 | 11.20 | 78.40 |
| 0.60 | # 30 | 100.00 | 208.00 | 41.60 | 20.00 | 58.40 |
| 0.30 | # 50 | 183.00 | 391.00 | 78.20 | 36.60 | 21.80 |
| 0.15 | # 100 | 75.00 | 466.00 | 93.20 | 15.00 | 6.80 |
| | fondo | 34.00 | 500.00 | 100.00 | 6.80 | 0.00 |
| | total | 500.00 | | | | |
| | #200 | 128.1 | 594.10 | 118.82 | | -18.82 |
| | Modulo de finura : | | 2.45 | | | |

ASTM C33



| Limites ASTM C33 | | Limites ACI 302 | | % ret ind. |
|---|----------|-----------------|-------------|-------------|
| Inferior | superior | Inferior | superior | Recomendado |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 95 | 100 | 95 | 100 | 3 |
| 80 | 100 | 80 | 90 | 10 |
| 50 | 85 | 50 | 75 | 19 |
| 25 | 60 | 30 | 50 | 23 |
| 10 | 30 | 10 | 20 | 25 |
| 5 | 10 | 2 | 5 | 17 |
| Recomendaciones Para Bombeabilidad | | | % pass #50 | 15% al 30% |
| | | | % pass #100 | 5% al 10% |

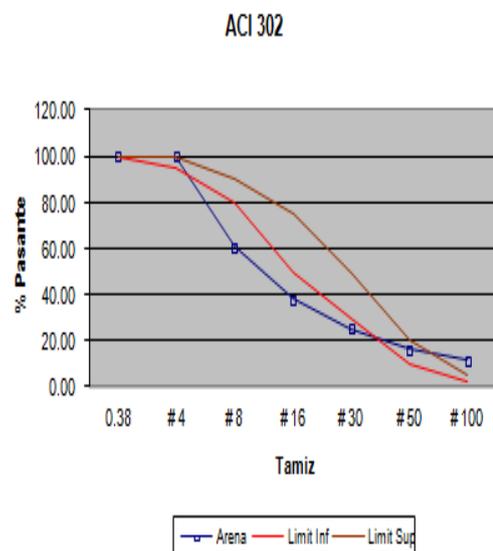
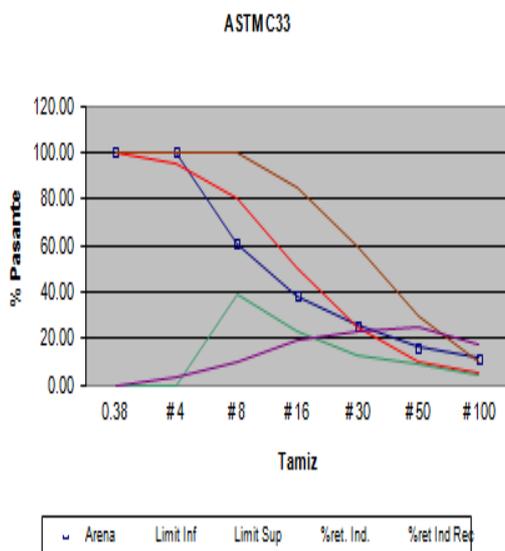
ACI 302



11.5.7. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA MEZCLA DE ARENAS

| ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA | | | | | | |
|---|-------|----------|----------|----------|------------|-------------------|
| Proyecto: Mezcla para Shotcrete via humeda Tunel El Carmen | | | | | | Fecha: |
| Material: Mezcla de arenas | | | | | | Elaborado: |
| Tamiz | | %pasante | %pasante | % reten. | %reten. | % pasante |
| mm | inch | Arena 1 | Arena 2 | acum | Individual | |
| 75.00 | 3.00 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 50.00 | 2.00 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 37.50 | 1.50 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 25.00 | 1.00 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 19.00 | 0.75 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 12.50 | 0.50 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 9.50 | 0.38 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4.75 | # 4 | 87.50 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2.36 | # 8 | 49.53 | 11.20 | 39.28 | 39.28 | 60.73 |
| 1.18 | # 16 | 28.35 | 9.80 | 61.85 | 22.58 | 38.15 |
| 0.60 | # 30 | 18.20 | 7.30 | 74.50 | 12.65 | 25.50 |
| 0.30 | # 50 | 13.48 | 2.73 | 83.80 | 9.30 | 16.20 |
| 0.15 | # 100 | 10.68 | 0.85 | 88.48 | 4.68 | 11.53 |
| | fondo | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 11.53 | 0.00 |
| Modulo de finura : | | | | 3.48 | | |

| Límites ASTM C33 | | Límites ACI 302 | | % ret ind. |
|---|----------|-----------------|-------------|-------------|
| Inferior | superior | Inferior | superior | Recomendado |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 95 | 100 | 95 | 100 | 3 |
| 80 | 100 | 80 | 90 | 10 |
| 50 | 85 | 50 | 75 | 19 |
| 25 | 60 | 30 | 50 | 23 |
| 10 | 30 | 10 | 20 | 25 |
| 5 | 10 | 2 | 5 | 17 |
| Recomendaciones Para Bombeabilidad | | | % pass #50 | 15% al 30% |
| | | | % pass #100 | 5% al 10% |



11.5.9. CALCULO DEL BACH

| CALCULO DEL BATCH PARA PRUEBAS DE LABORATORIO | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| Volumen del batch: | | | | | | | |
| M3 | 0.025 | | | | | | |
| Material | Densidad Kg/m3 | Peso Kg | Volúmen m3 | Peso Batch | % Humedad total (W) | Correcc. por % W | Pesos Corregidos |
| Cemento | 2950.00 | 435.00 | 0.1475 | 10.88 | | | 10.88 |
| Silica Fume | 2200.00 | 21.75 | 0.0099 | 0.54 | | | 0.54 |
| Adición | 2550.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | | | 0.00 |
| Huayco 9 mm | 2540.00 | 321.44 | 0.1266 | 8.04 | 0.00% | -0.20 | 8.04 |
| 0 | 2700.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 3.50% | 0.00 | 0.00 |
| Arena triturada | 2580.00 | 1125.05 | 0.4361 | 28.13 | 1.00% | -0.45 | 28.13 |
| Arena Natural | 2620.00 | 160.72 | 0.0613 | 4.02 | 0.00% | -0.10 | 4.02 |
| Agua | 1000.00 | 173.57 | 0.1736 | 4.34 | | | 5.10 |
| Fibras | 500.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | | | 0.00 |
| Aire incorporado | | | 0.0200 | 0.00 | | | 0.00 |
| Rheobuild 726 | 1190.00 | 7.31 | 0.0061 | 0.18 | | | 0.18 |
| Meyco SA 160 | 1440.00 | 27.41 | 0.0190 | 0.69 | | | 0.69 |
| 0 | 1300.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | | | 0.00 |
| | | Sumatoria : | 1.0000 | 56.81 | | | |
| Slump obtenido: | 7.00 | | | | | | |
| Agua anadida: | 6.50 | | | | | | |
| Slump propuesto: | 18.00 | | | | | | |
| Agua adicional para slump prop. | 22.00 | | | | | | |
| Agua real de diseno | 251.62 | | | | | | |

COMBINACION DE AGREGADOS

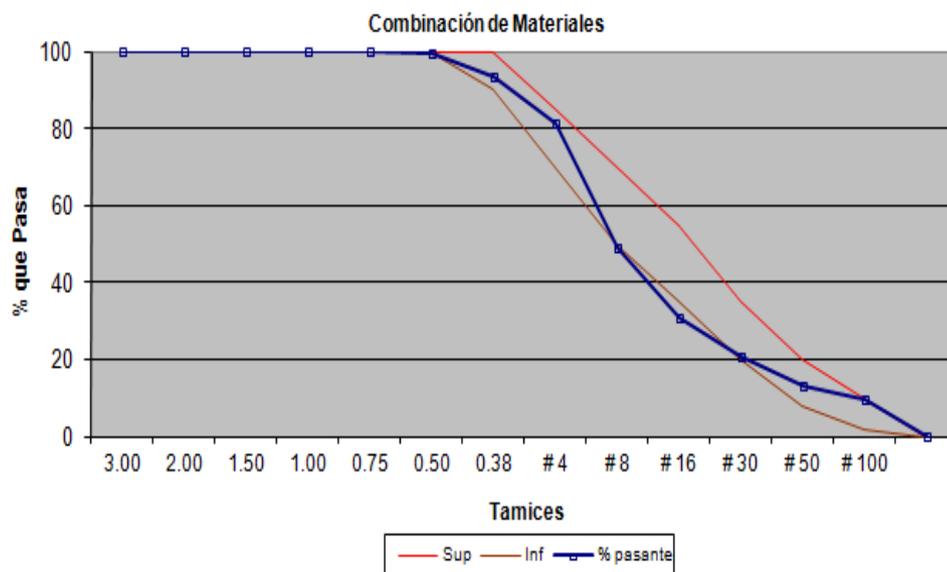
| COMBINACIÓN DE AGREGADOS | | | | | | | | | |
|--|-------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|-----|--|
| Proyecto: Mezcla para Shotcrete via humeda Tunel El Carmen | | | | | | | Fecha: 21-oct-2017 | | |
| Relación Arena/ag: | | 0.8 | | | | | | | |
| Relación agr/agr totales | | | | | | | | | |
| Huaco 9 mm | 100% | 20% | Densidad del | | | | | | |
| 0 | 0% | 0% | conjunto: | | 2576 | | | | |
| Arena triturada | 88% | 70% | Curva de diseno: | | 2.00 | | | | |
| Arena Natural | 13% | 10% | | | | | | | |
| | 100% | | | | | | | | |
| TABLA L1 | | | | | | | | | |
| Tamiz | | % pasante | % pasante | % pasante | % pasante | % pasante | Limites Grad. Continuas | | |
| mm | inch | Mat 1 | Mat 2 | Mat 3 | Mat 4 | | Sup | Inf | |
| 75.00 | 3.00 | 20.00 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| 50.00 | 2.00 | 20.00 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| 37.50 | 1.50 | 20.00 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| 25.00 | 1.00 | 20.00 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| 19.00 | 0.75 | 20.00 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| 12.50 | 0.50 | 19.33 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 99.33 | 100 | 100 | |
| 9.50 | 0.38 | 13.31 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 93.31 | 100 | 90 | |
| 4.75 | # 4 | 1.18 | 0.00 | 70.00 | 10.00 | 81.18 | 85 | 70 | |
| 2.36 | # 8 | 0.16 | 0.00 | 39.62 | 8.96 | 48.74 | 70 | 50 | |
| 1.18 | # 16 | 0.16 | 0.00 | 22.68 | 7.84 | 30.68 | 55 | 35 | |
| 0.60 | # 30 | 0.16 | 0.00 | 14.56 | 5.84 | 20.56 | 35 | 20 | |
| 0.30 | # 50 | 0.16 | 0.00 | 10.78 | 2.18 | 13.12 | 20 | 8 | |
| 0.15 | # 100 | 0.16 | 0.00 | 8.54 | 0.68 | 9.38 | 10 | 2 | |
| | fondo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | |
| Modulo de finura | | 6.24 | 0.00 | 3.63 | 2.45 | 4.03 | | | |
| Retenido # 200 | | -0.07 | 0.00 | -6.64 | -1.88 | -8.59 | | | |

TABLA L1

LIMITES DE GRADACION PARA SHOTCRETE

% pasantes acumulados

| mm | # | ACI No 1 | | ACI No 2 | | EFNARC | |
|-------|------|----------|-----|----------|-----|--------|-----|
| | | Sup | Inf | Sup | Inf | Sup | Inf |
| 75.00 | 3.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 50.00 | 2.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 37.5 | 1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 25.00 | 1.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19.00 | 0.75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 12.5 | 0.50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 | 0.38 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 91 |
| 4.75 | #4 | 100 | 95 | 85 | 70 | 100 | 75 |
| 2.36 | #8 | 100 | 80 | 70 | 50 | 91 | 57 |
| 1.18 | #16 | 85 | 50 | 55 | 35 | 75 | 41 |
| 0.60 | #30 | 60 | 25 | 35 | 20 | 55 | 24 |
| 0.30 | #50 | 30 | 10 | 20 | 8 | 31 | 12 |
| 0.15 | #100 | 10 | 2 | 10 | 2 | 14 | 5 |



CONCLUSIONES

1. las propiedades y el comportamiento del concreto lanzado dependen enormemente de las condiciones de colocación, del tipo de equipo, la experiencia y capacidad del personal, por lo tanto un concreto lanzado puede presentar problemas cuando se aplica a una superficie no durable o preparada inadecuadamente.
2. El éxito en la aplicación del concreto lanzado o shotcrete dependerá de: (a) Una adecuada selección y control de calidad de insumos; (b) planta de concreto y equipos de transporte (mixers) y lanzado en buenas condiciones, lo cual se logra mediante la implementación efectiva de un programa de mantenimiento preventivo; (c) condición adecuada de los servicios en interior mina, como presión y caudal de aire, (d) personal competente con habilidad y técnica adecuada.
3. En El proceso de diseño de la mezcla se consideró los siguientes pasos, pero no se establece rígidamente estos aspectos:
 - Definición de parámetros básicos
 - Averiguar lo máximo que se puede sobre el proyecto
 - Estimar la cantidad de agua m³ y el porcentaje de aire
 - Definir relación agua cemento
 - Calcular el cemento en peso y volumen absoluto
 - Calcular los aditivos en volumen absoluto y peso
 - Hacer balance de pesos y volúmenes absolutos de lo calculado
 - Repartir el volumen remanente entre los porcentajes determinados para la arena y piedra y calcular los pesos

- Revisar que el balance final cuadre para 1.00 m³ y que el peso unitario total este dentro de lo normal (2,300 kg/m³ a 2400 kg/m³ con agregados normales).
- Análisis de corrección de mezcla seca cuando la humedad es menor o mayor que la absorción.

4. **EN EL DISEÑO DEL TAJEO UNO, DE LA MEZCLA DE CONCRETO Y SU CORRECCION FUERON LOS SIGUIENTES:**

| Elemento | P.esp. seco Kg/m ³ | P. Unitario Kg/m ³ |
|----------|----------------------------------|----------------------------------|
| Cemento | 3,150 | 1,400 |
| Arena | 2,700 | 1,600 |
| Piedra | 2,600 | 1,550 |
| Agua | 1,000 | |
| Aditivos | 1,200 | |

- La cantidad de agua/m³ y el % de aire

Agua = 193 kg/m³, Aire = 1,5 %

- Lla relación A/C

Agua/cemento = 0.61

- El cemento en peso y volumen absoluto

Peso cemento en kg = $193 \text{ kg} / 0.61 = 361 \text{ kg}$

Volumen cemento en m³ = $316 \text{ kg} / 3,150 \text{ kg/m}^3 = 0,1003 \text{ m}^3$

- Los aditivos en volumen absoluto y peso

Peso Aditivo en kg = $0.5\% \times 316 \text{ kg}/100 = 1,58 \text{ kg}$

Volumen aditivo en m³ = $1,58 \text{ kg}/1,200 \text{ kg}/\text{m}^3 = 0,0013 \text{ m}^3$

- EL balance de pesos y volúmenes absolutos de lo ya calculado: cemento, agua, aire, aditivo, y calcular por diferencia con 1.00 m³ el volumen por completar con agregados fueron lo siguiente:

| ELEMENTO | PESO EN KG/M3 | VOLUMEN EN M3/M3 |
|---|----------------------|---|
| Agua | 193.00 | 0.1930 |
| Cemento | 316.00 | 0.1003 |
| Aditivo | 1.58 | 0.0013 |
| Aire | | 0.0150 |
| Balance Volúmenes | | 0.3096 |
| Saldo por completar con Piedra y arena | | 1.0m³ - 0.3096 m³ = 0.6904 m³ |

- El porcentaje de intervención de arena y piedra fueron:

| Tamaño Máximo del agregado | Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza de la arena | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|
| | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 |
| 3/8" | 0.5 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.6 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.82 | 0.79 | 0.78 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

NOTA :
 El volumen absoluto se calcula multiplicando el de la tabla por el peso unitario compactado en seco de la piedra y dividiendo por su peso específico seco
 $\text{Peso Piedra} = 0.67 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \times 1.550 \text{ kg/m}^3 =$
1,038.5 kg
 $\text{Vol. Absoluto Piedra} = 1,038.5 \text{ kg} / 2,600 \text{ kg/m}^3 =$
0.3994 m³

- El volumen remanente de arena por diferencia y los pesos fueron:

| ELEMENTO | PESO EN KG/M ³ | VOLUMEN EN M ³ /M ³ |
|--|--|--|
| Agua | 193.00 | 0.1930 |
| Cemento | 316.00 | 0.1003 |
| Aditivo | 1.58 | 0.0013 |
| Aire | | 0.0150 |
| Balance Volúmenes | | 0.2961 |
| Saldo por completar con Piedra y arena | | $1.0 \text{ m}^3 - 0.3096 \text{ m}^3 = 0.6904 \text{ m}^3$ |
| Piedra calculada | 1,038.5 | 0.3994 |
| Vol. Arena por diferencia | | $0.6904 \text{ m}^3 - 0.3994 \text{ m}^3 = 0.2910 \text{ m}^3$ |
| Cálculo de peso arena | $0.2910 \text{ m}^3 \times 2700 \text{ kg/m}^3 = 785.7 \text{ kg}$ | |

- El balance final para 1,00 m³ y el peso unitario total esta dentro de lo normal (2,300 kg/m³ a 2,400 kg/m³ con agregados normales)

| ELEMENTO | PESO EN KG/M3 | VOLUMEN EN M3/M3 |
|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Agua | 193.00 | 0.1930 |
| Cemento | 316.00 | 0.1003 |
| Aditivo | 1.58 | 0.0013 |
| Aire | | 0.0150 |
| Piedra | 1,038.5 | 0.3994 |
| Arena | 785.7 | 0.2910 |
| Balance Total | 2,335 | 1.0000 |

El diseño final para aplicar en el tajeo quedo de la siguiente manera:

| ELEMENTO | PESOS SECOS EN KG. (1) | AGUA DE ABSORCION EN KG (2) | AGUA DE HUMEDAD EN KG (3) | PESOS CORREGIDOS EN KG |
|-----------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| Agua | 193 | | | $(1)+(2)-(3) = 193+11.4+18.1 - 3.1-40.1= 179.3$ |
| Cemento | 316 | | | 316 |
| Aditivo | 1.58 | | | 1.58 |
| Aire | | | | |
| Piedra | 1,039 | $1,039 \times 1.1/100 = 11.4$ | $1,039 \times 0.3/100 = 3.1$ | $(1)+(3) = 1,039+3.1= 1042$ |
| Arena | 786 | $786 \times 2.3/100 = 18.1$ | $786 \times 5.1/100 = 40.1$ | $(1)+(3) = 786+40.1= 826$ |
| TOTAL | 2,372 | 30.3 | 45.0 | 2,365 |

RECOMENDACIONES

- Llevar un mejor control de calidad (evaluar los agregados, realizar ensayos del Shotcrete en estado plástico y en estado endurecido)
- Se capacitó al personal para que puedan llevar un mejor control de los trabajos que se realizaban tanto en planta de concreto, como en el transporte del Shotcrete y en el lanzado del Shotcrete (evitando básicamente el agregar agua a la mezcla)

BIBLIOGRAFIA

- Compañía Minera Cerro S.A.C: Archivo departamento de Minas.
- Compañía Minera Cerro S.A.C: Archivo departamento de geología.
- Compañía Minera Cerro S.A.C: Archivo departamento de Ingeniería
- Compañía Minera Cerro S.A.C: Departamento Geotecnia y Sostenimiento.
- Diaz Lazarovich, Jorge, Sostenimiento Vía Húmeda; IIMP, 2014
- Howard, L. Hartman: "SME Mining Engineering Handbook". Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Colorado, 1992.
- Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía: Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de roca.
- Bernardo de la Peña R: Consideraciones básicas del hormigón proyectado en túneles.
- Geoconsult Latinoamérica Ltd: proyecto y construcción de túneles.
- Tom Mclbye: Shocrete para soporte de rocas.
- Sika Perú S.A: Concreto lanzado
- Sika Perú S.A: Shocrete segurite – 49 AF

- Víctor Tolentino Iparraguirre: Excavaciones subterráneas sostenimiento con shotcrete. Volcán compañía minera S.A.A UEA Cerro de Pasco.
- Volcan compañía minera S.A.A UEA Cerro de Pasco: estándares de trabajo mina subterránea, planeamiento de ingeniera.
- Vercelli Danny; Sostenimiento de túneles de minería en shotcrete vía húmeda
- ASTM International, ASTM C33. Standard Specifications for concrete aggregate. West Conshohocken. U.S.
- ASTM International, ASTM C150. Standard Specifications for Portland cement. West Conshohocken. U.S.
- ASTM International, ASTM C494. Standard Specifications for chemical admixtures. West Conshohocken. U.S.
- (6) ASTM International, ASTM C143. Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. West Conshohocken. U.S.