



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Metodología Educación a Distancia

Proyecto Profesional

Juan Carlos Trujillo Tobar

Código: 2221577

Docente:

Ing. Mg. Olga Lucia Vanegas Alfonso

Universidad Santo Tomás

Decanatura de División de Educación Abierta y a Distancia

Construcción en Arquitectura e Ingeniería

Centro de Atención Universitario Neiva Huila

2022

Tabla de contenido

1. Introducción.....	3
2. Título del Proyecto	5
3. Planteamiento Del Problema	5
4. Justificación	8
5. Objetivos.....	11
5.1. Objetivo General.....	11
5.2. Objetivos Específico	11
6. Antecedentes.....	12
7. Marco Referencial	19
7.1. Presentación del proyecto	19
7.2. Marco Geográfico	21
7.2.1. Localización	21
7.2.2. Demografía.....	22
7.2.2.1. Santa María Boyacá.....	22
7.2.2.2. Macanal Boyacá	23
7.2.2.3. Chivor Boyacá	25
7.2.2.4. Almeida Boyacá	26
7.3. Marco Legal	27

7.4.	Marco Conceptual.....	28
7.5.	Marco Teórico.....	29
7.5.1.	Origen de hormigón proyectado.....	29
7.5.2.	Definición de hormigón proyectado.....	29
7.5.3.	Metodología de aplicación hormigón proyectado.....	30
7.5.3.1.	Aplicación por vía seca.....	30
7.5.3.2.	Aplicación por vía húmeda.....	31
7.5.3.3.	Diferencias entre metodologías de aplicación de hormigón proyectado.....	32
7.5.3.4.	Sistema de proyección del hormigón.....	34
7.5.4.	Propiedades físicas del hormigón proyectado.....	35
7.5.5.	Hormigón proyectado en túneles hidráulicos.....	37
7.5.5.1.	Definición de túnel hidráulico.....	37
7.5.5.2.	Metodología de excavación.....	37
7.5.5.3.	Proceso de excavación mediante (N.A.T.M.).....	38
7.5.6.	Tratamiento donde se utiliza el hormigón proyectado.....	39
7.5.6.1.	Tratamiento para soporte.....	40
7.5.6.2.	Tratamiento para revestimiento.....	40
8.	Diseño Metodológico.....	43
8.1.	Enfoque Metodológico.....	43
8.2.	Tipo de Investigación.....	44

8.3.	objetivos de la investigación.....	44
9.	Análisis	47
10.	Conclusiones	62
11.	Recomendaciones	64
12.	Referencias.....	66
13.	Anexos	68

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1	Diseños de Integral S.A para revestimiento.....	5
Ilustración 2	Diseños de Lombardi S.A para revestimiento	6
Ilustración 3	Reparaciones Túnel Palacio Rioblanco (MAG , 2017)	9
Ilustración 4	Localización geográfica Túnel Palacio Rio Blanco y Embalse la Esmeralda (AES Chivor, 2011)	9
Ilustración 5	Túnel Palacio Rioblanco tramos afectados por derrumbes (Marulanda, 2014).....	14
Ilustración 6	Rehabilitación túnel Palacio Rioblanco (Marulanda, 2014)	14
Ilustración 7	Túnel de fuga - Hidroeléctrica Del Guavio (Marulanda, 2014)	15
Ilustración 8	Tratamiento efectuado al túnel la Fuga (Pachón, 2017)	16
Ilustración 9	Tratamiento tipo de terreno IV túnel la Fuga (Marulanda, 2014)	17
Ilustración 10	Sección completa con revestimiento (Marulanda, 2014).....	17
Ilustración 11	Hidroeléctrica Urra 1 Túnel No 1 (Silva, 2015)	18
Ilustración 12	Hidroeléctrica Urra 1 Túnel No 2 (Silva, 2015)	18

Ilustración 13 Isométrico Proyecto nuevas bocatomas Hidroeléctrica Chivor (Autor: Fuente Propia).....	19
Ilustración 14 Embalse la Esmeralda (Gobernación de Boyaca , 2015).....	22
Ilustración 15 Maquina de tornillo para proyección de hormigón - vía seca (Filamos S.R.L., 2022)	29
Ilustración 16 Equipo Moderno para hormigón proyectado vía seca (REED, s.f.)	30
Ilustración 17 Mezclado en boquilla hormigón proyectado vía seca (BARREDA GONZALES, 2014)	31
Ilustración 18 Robo Jet equipo de hormigón proyectado vía húmeda (Autor: Fuente Propia)	32
Ilustración 19 Mezclado en boquilla hormigón proyectado vía húmeda (BARREDA GONZALES, 2014)	32
Ilustración 20 Proyección manual de hormigón (Autor: Fuente Propia)	34
Ilustración 21 Proyección robótica de hormigón (Autor: Fuente Propia).....	34
Ilustración 22 Tratamiento de sostenimiento y revestimiento (Autor: Fuente propia)	38
Ilustración 23 Perforación para voladura (Autor: Fuente propia).....	39
Ilustración 24 Hormigón proyectado tratamiento para soporte (Autor: Fuente propia)	40
Ilustración 25 Hormigón proyectado como revestimiento definitivo (Autor Propio)	41
Ilustración 26 Revestimiento de capa sencilla ((INVIAS), 2021)	42
Ilustración 27 Falla squeezing en un túnel (DI_Cosas, 2015)	48
Ilustración 28 Falla Swellin en un túnel (Marulanda, 2018)	49
Ilustración 29 Estallido de roca (Marulanda, 2018).....	49
Ilustración 30 fenómeno Creep (Marulanda, 2018).....	50
Ilustración 31 Agua filtrando por el macizo rocoso (Autor: Fuente Propia)	51

Ilustración 32 Instalación de pernos (Autor: Fuente Propia)	52
Ilustración 33 Hormigón Proyectado para sostenimiento (Autor: Fuente Propia)	52
Ilustración 34 Perforación para Voladura con Jumbo (Autor: Fuente Propia)	53
Ilustración 35 Agua de infiltración por barrenos para voladura (Autor: Fuente Propia).....	53
Ilustración 36 hormigón proyectado capa primaria (Autor: Fuente Propia).....	54
Ilustración 37 Sistema de inyección de impermeabilización (Autor: Fuente Propia)	54
Ilustración 38 Frente posteriormente a la inyección (Autor: Fuente Propia).....	55
Ilustración 39 Cambio de sección en túneles (Autor: Fuente Propia)	56
Ilustración 40 Instalación de malla electrosoldada (Autor: Fuente Propia).....	57
Ilustración 41 Hormigón proyectado de revestimiento (Autor: Fuente Propia)	57
Ilustración 42 hormigonado de solera (Autor: Fuente Propia)	58
Ilustración 43 Pruebas de Asentamientos (Autor: Fuente Propia).....	59
Ilustración 44 Diseños menor escala en laboratorio (Autor: Fuente Propia).....	60
Ilustración 45 Pruebas a nivel industrial de hormigón proyectado (Autor: Fuente Propia)	60
Ilustración 46 Pruebas de compatibilidad cemento con aditivo acelerante (Autor: Fuente Propia)	61
Ilustración 47 Inspección de equipos de lazado de dosificación de acelerante (Autor: Fuente Propia).....	61

Listado de Diagramas

Diagrama 1 Árbol de Problema (Autor: Propio) 7	
Diagrama 2 Revestimiento utilizado en túneles hidráulicos en Colombia	13
Diagrama 3 Funciones de túnel de acuerdo al porcentaje (Autor: Fuente Propio).....	20

Listado de Tablas

Tabla 1 Túneles Hidráulicos en Colombia (VARGAS, 2011)	12
Tabla 2 Excavaciones y función de cada una (Autor: Fuente Propia)	20
Tabla 3 Normas referentes al hormigón proyectado	27
Tabla 4 Comparación entre hormigón proyectado vía húmeda Vs Seca (Quispe, Dianderas, & Abregu, 2015)	33
Tabla 5 Tipo de falla del terreno según el material. (Pachón, 2017)	47
Tabla 6 Diseño de Mezcla hormigón proyectado (Autor: Fuente Propia)	59

Listado de mapas

Mapa 1 Localización de central hidroeléctrica Chivor (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2019)	21
Mapa 2 Localización Santa María (AMAYA, 2016)	23
Mapa 3 Localización Macanal (Franco, 2012)	24
Mapa 4 Localización Chivor (LAZA, 2020)	25

Anexos

Anexo 1 Cronograma de Activadas	68
Anexo 2 Ficha técnica EucoShot AF 750	68
Anexo 3 Ficha técnica Plastol 4300	68
Anexo 4 Ficha Técnica Euco Estabilizador 1000	68
Anexo 5 procedimiento hormigón proyectado	68
Anexo 6 Ficha Técnica Metacaolín	68

1. Introducción

En la actualidad, el hormigón proyectado hace parte fundamenta en la construcción de túneles a nivel nacional e internacional, su uso es generalmente como tratamiento de sostenimiento tanto en túneles viales como hidráulicos, su uso como tratamiento de revestimiento definitivo en túneles hidráulicos es un caso poco común y relativamente poco usado, en este caso el objetivo de la investigación es el revestimiento en hormigón proyectado de los túneles del proyecto nuevas bocatomas de la hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.

La investigación parte de los antecedentes nacionales donde se ha empleado el hormigón proyectado como tratamiento de revestimiento definitivo en túneles hidráulicos, se identificaron los problemas que generaron las fallas en ellos y la solución que se dio cada uno, para finalmente asociarlos a los túneles del proyecto de investigación y de este modo inspeccionar durante la etapa constructiva los procesos que puedan afectar y validar el uso de un hormigón proyectado como revestimiento de un túnele hidráulico.

Se consolido una serie de conceptos y teorías relacionadas al hormigón proyectado y a los túneles hidráulicos, en base a diferentes normativas tanto nacionales como internacionales y autores de diferentes tipos de texto, pero enfocados siempre a los tratamientos de sostenimiento, revestimientos en los túneles y nuevas tecnologías aplicadas al hormigón.

A partir de un análisis a la investigación, mediante el método científico, se recopila la información de cada proceso constructivo que se realizaron durante la etapa constructiva del proyecto nuevas bocatomas de la hidroeléctrica Chivor, para ser comparada con la literatura

de diferentes autores, con la finalidad de determinar la elección del hormigón proyectado como tratamiento de revestimiento es acertada para un túnel hidráulico.

La investigación termina concluyendo y recomendando una serie de conceptos que fueron acertados tanto en los antecedentes como en el proceso constructivo en los túneles del proyecto de investigación, que pueden servir de guía para nuevas investigaciones y en proyecto en si en su etapa de operación.

2. Título del Proyecto

Túneles hidráulicos con revestimiento definitivo en hormigón proyectado en el proyecto nuevas bocatomas de la hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.

3. Planteamiento Del Problema

Durante la etapa de construcción de los túneles de las nuevas bocatomas de la hidroeléctrica Chivor, la compañía dueña de la central hidroeléctrica decidió cambiar el diseñador del proyecto, por ende se presentaron cambios a los diseños en los revestimientos definitivos en los túneles hidráulicos, los cambios se basaron en remplazar un revestimiento en hormigón simple con un espesor de 45 cm, por un revestimiento de 10 a 15 cm de hormigón proyectado por vía húmeda reforzado con malla electrosoldada de 6 mm.

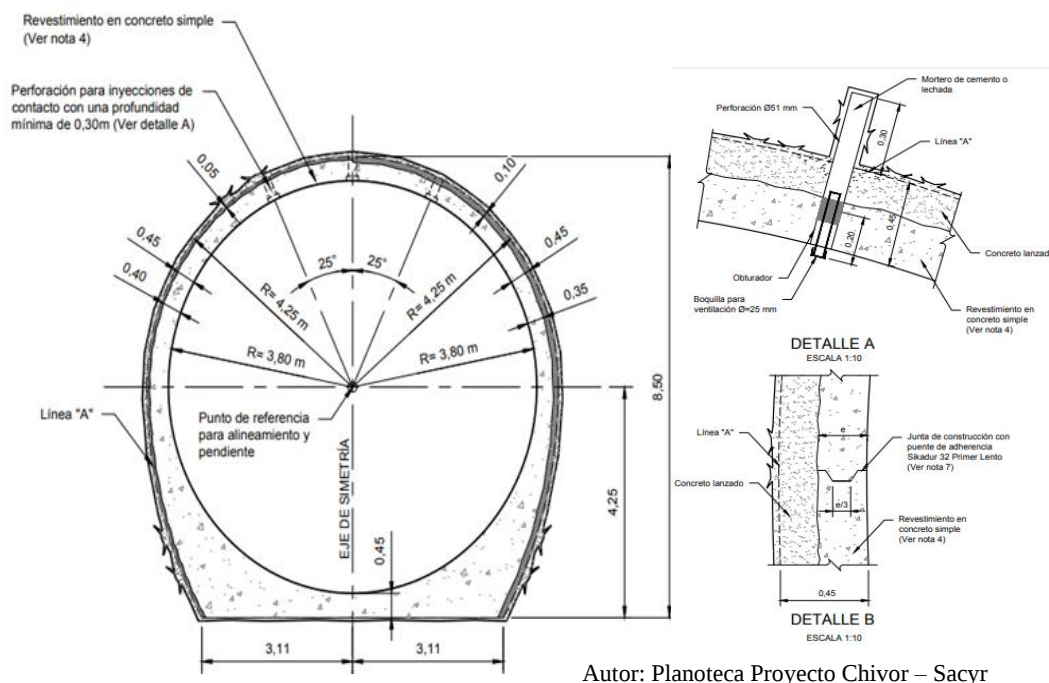


Ilustración 1 Diseños de Integral S.A para revestimiento

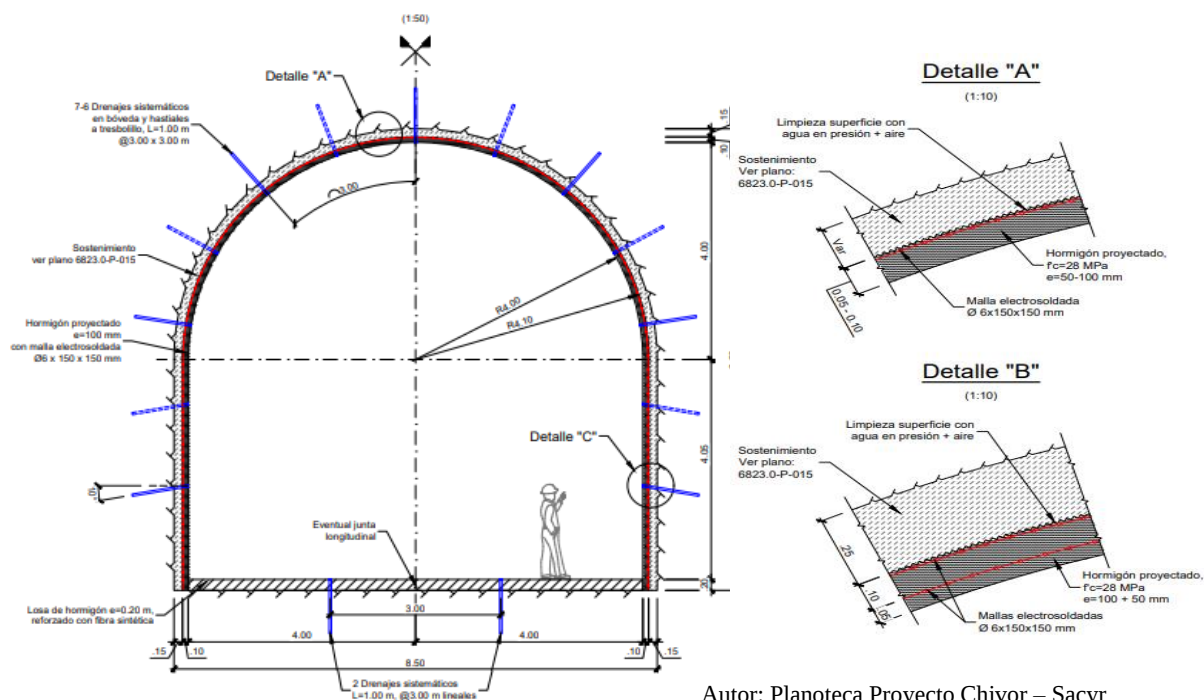


Ilustración 2 Diseños de Lombardi S.A para revestimiento

El problema está en la incógnita que, si un hormigón proyectado por el método de vía húmeda fue la mejor opción para el revestimiento definitivo en un túnel hidráulico, en donde la geología clasifico el macizo rocoso en tipo B o II, considerando la clasificación geomecánica de Bieniawski que un macizo tipo II en sus características geomecánicas se considera muy bueno. (PINEDA, 2016)

En Colombia utilizar el hormigón proyectado como revestimiento definitivo en túneles hidráulicos no es tan común como lo es para túneles viales, adicional se tienen antecedentes en el país, como la problemática por la que atravesó el proyecto hidroeléctrico Ituango en donde colapso parte del túnel auxiliar de desvió que genero una emergencia de gran magnitud, todo a consecuencia del revestimiento aplicado en donde utilizaron hormigón proyectado por vía húmeda reforzado con malla electrosoldada.



Diagrama 1 Árbol de Problema (Autor: Propio)

La investigación se basa en:

¿Qué efectos tiene utilizar hormigón proyectado el revestimiento definitivo en los túneles hidráulicos del proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor?

4. Justificación

El principio de esta investigación nace de que en Colombia en la actualidad utilizar hormigón proyectado como revestimiento definitivo en un túnel hidráulico es poco usual, este tipo de tratamiento es recomendado como tratamiento de soporte durante el proceso de excavación, por lo cual esta tecnología en el hormigón se considera en desarrollo y por ende poco usual en este tipo de túneles, se utiliza en el mayor de los casos en túneles viales durante su tratamiento de soporte y cuando su revestimiento es de capa sencilla. ((INVIAS), 2021)

En los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, hay una serie de túneles hidráulicos en donde se usó el hormigón proyectado como revestimiento definitivo, un antecedente es el túnel Palacio Rioblanco que hace parte del sistema de Chingaza, con una longitud de 28.5 km, con un diámetro de 3.7 m, el revestimiento fue en hormigón proyectado entre 5 y 20 cm de espesor, reforzado con barras de anclaje y en algunos tramos establecieron hormigón convencional con 25 cm de espesor, definiéndolos de acuerdo a la calidad de la roca. En 1984 se inauguró el proyecto y los primeros derrumbes se presentaron en 1990, 1992, 1993, 1994 y en 1997, por lo que fue necesario revestir en hormigón convencional. (Geotuneles S.A.S., 2010)



Ilustración 3 Reparaciones Túnel Palacio Rioblanco (MAG , 2017)

Nota: En la *Ilustración 3 Reparaciones Túnel Palacio Rioblanco*, se puede observar el deterioro que presentó el revestimiento en hormigón proyectado y el sistema de revestimiento que utilizó la constructora MAG.

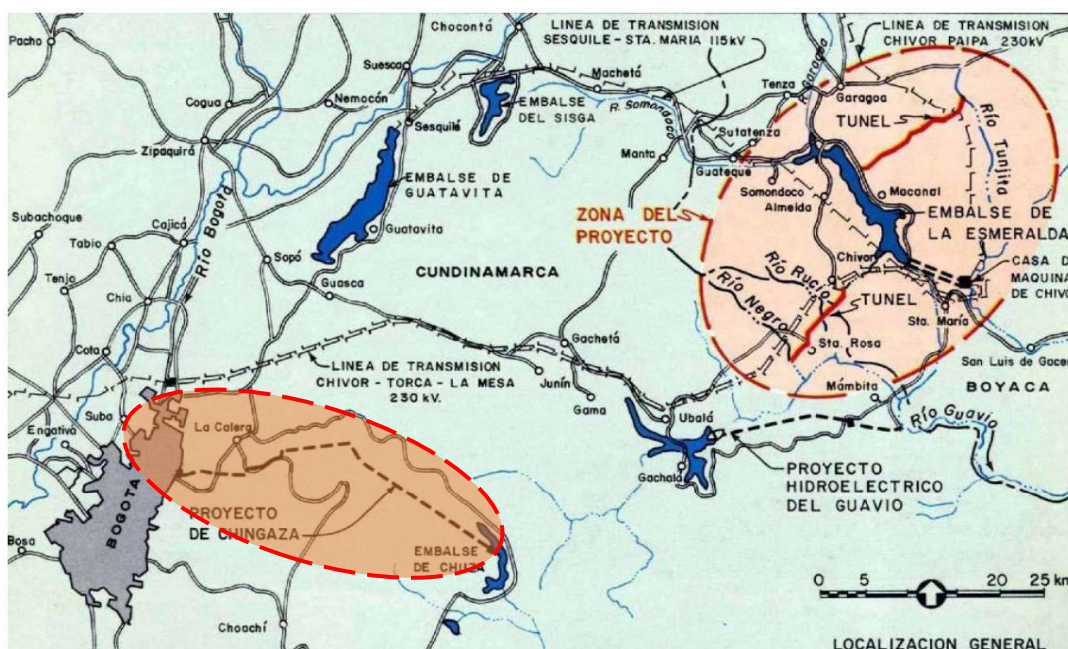


Ilustración 4 Localización geográfica Túnel Palacio Rio Blanco y Embalse la Esmeralda (AES Chivor, 2011)

Utilizar hormigón proyectado en Colombia como revestimiento definitivo en túneles hidráulicos, no es la mejor opción, debido a que no se cuentan con resultados satisfactorios con los antecedentes que se encuentran en el país y al asociar las localización geográfica y la geología del macizo rocoso con el de la central hidroeléctrica Chivor, es indispensable aumentar la factibilidad del hormigón proyectado como revestimiento definitivo, haciendo uso del mismo principio de la proyección por vía húmeda, pero modificando los refuerzos a los sistemas constructivos e implementado nuevas tecnologías.

Lo que hace necesario el realizar esta investigación para poder identificar y conocer la implementación y aplicación de las nuevas tecnologías en proyectos nacionales e internacionales con esta particularidad, suministrando información al proyecto nuevas

bocatoma hidroeléctrica Chivor de los efectos positivos o negativos que pudo tener usar hormigón proyectado como revestimiento definitivo proporcionando nuevas pautas para proyectos futuros.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Analizar los efectos, al utilizar hormigón proyectado como revestimiento definitivo en los túneles hidráulicos del proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor, en comparación al revestimiento con hormigón convencional.

5.2. Objetivos Específico

- Identificar la factibilidad de usar hormigón proyectado como revestimiento en los túneles del en el proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.
- Revisar las posibles tecnologías que puedan mejoran el hormigón proyectado y puedan ser aplicadas al proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.
- Evaluar qué beneficios y desventajas tiene el hormigón proyectado como revestimiento definitivo en un túnel de acuerdo a sus características.

6. Antecedentes

(VARGAS, 2011) en su tesis relaciona los túneles hidráulicos que se han construido en Colombia hasta la fecha de su publicación, relaciona un total de 22 túneles y que suman 208,4 km y se pueden ver en la siguiente tabla:

Túneles hidráulicos construidos en Colombia	
Túnel	Longitud
Amoya	14,0
Anaime	6,0
Calima	10,0
Chingaza	30,0
Chivor I, carga inferior	1,1
Chivor I, carga superior	5,9
Chivor II	5,5
Colegio	8,6
Guarino-Miel	3,8
Guavio	40,0
Manso-Miel	4,5
Mesitas, Granada I y II	12,4
Mesitas, Paraíso	1,3
Miel 1	6,4
Porce II	10,0
Rionegro-Chivor	10,6
Rosales	9,2
Salvajina	1,6
San Carlos	8,0
San Rafael	2,0
Sonsón	3,5
Tunjuelito-Chivor	14,0
TOTAL (km)	208,4

Tabla 1 Túneles Hidráulicos en Colombia (VARGAS, 2011)

A partir de esta información, se representa en un diagrama de barras tomando en cuenta el tipo de revestimiento utilizado en estos túneles, en donde predomina con un 40.63% el revestimiento en hormigón simple y un 17,42% utilizó hormigón proyectado como revestimiento.

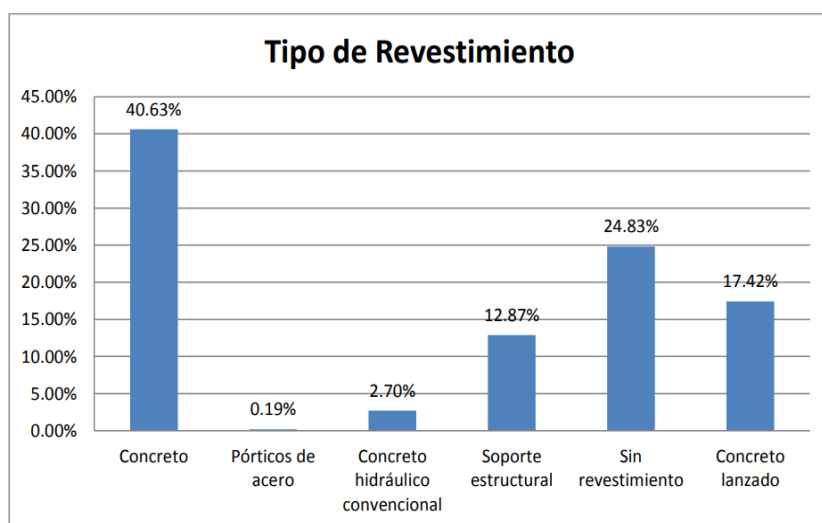


Diagrama 2 Revestimiento utilizado en túneles hidráulicos en Colombia

De acuerdo a diferentes autores dentro de la literatura nacional e internacional se pueden encontrar los siguientes antecedentes en donde se utilizó hormigón proyectado como revestimiento definitivo en túneles hidráulicos:

Túnel Palacio Rio Banco

El Artículo 140 de NOTICRETO por (Geotuneles S.A.S., 2010) toma como ejemplo el túnel Palacio Rioblanco que hace parte del sistema de Chingaza relacionado en la Tabla 1, su longitud es de 28.5 km, con un diámetro de 3.7 m, el revestimiento fue en hormigón proyectado entre 5 y 20 cm de espesor, reforzado con barras de anclaje y en algunos tramos establecieron hormigón convencional con 25 cm de espesor, definiéndolos de acuerdo a la calidad de la roca. En 1984 se inauguró el proyecto y los primeros derrumbes se presentaron en 1990, 1992, 1993, 1994 y en 1997, haciendo necesario revestir estos tramos en hormigón convencional.

(Pachón, 2017) en su tesis, relaciona la geología encontrada del túnel Palacio Rioblanco, como rocas sedimentarias con estratos de lutitas, limolitas, areniscas y arcillolitas, se pudo

establecer que en el proceso constructivo se presentaron empujes manifestados por el tipo de falla o fenómeno de squeezing y se concluyó que en otros sectores donde se presentaron derrumbes había presencia de lutitas expansivas.



Ilustración 5 Túnel Palacio Rioblanco tramos afectados por derrumbes (Marulanda, 2014)



Ilustración 6 Rehabilitación túnel Palacio Rioblanco (Marulanda, 2014)

Debido a que el tratamiento de revestimiento no fue impermeable, presentado filtraciones desde el interior hacia el exterior del túnel permitiendo que el agua viajara por las discontinuidades, aumentando las presiones y se saturaran los estratos expansivos causando el colapso de la clave del túnel por otro lado, los tramos en donde el revestimiento fue en hormigón convencional no presentaron ningún tipo de falla. (Pachón, 2017)

Las conclusiones en base a este antecedente, es que un túnel a presión debe de contar con un revestimiento definitivo impermeable, para evitar que la presencia del agua afecte el terreno alrededor de la sección del túnel. Siendo de importancia regular la velocidad de

vaciado de un túnel, para no causar algún fenómeno hidráulico que pueda perjudicar la estabilidad del túnel y ni la del macizo rocoso. al presentarse el fenómeno de falla squeezing en este túnel, debieron aumentar en factor de seguridad incluyendo elementos adicionales de soporte como reforzar el hormigón, arcos, etc. (Pachón, 2017)

Túnel de fuga Central Hidroeléctrica del Guavio

(Pachón, 2017) en su tesis, toma como referencia el túnel de fuga de la Central Hidroeléctrica del Guavio, la sección del túnel es en forma de herradura con un ancho de 8.9 metros y una altura de 7.96 metros, la geología clasifico el terreno en tipo I, II y III. Para terrenos tipo IV y V la sección aumento a 9.1 metros de ancho y 8.36 metros de alto y con una longitud total de 5.2 km, la función de túnel de fuga es de restituir el agua al cauce del rio Guavio.

Los tratamientos de soporte y revestimiento establecieron de acuerdo al tipo de terreno para cada tramo, incluyendo la instalación del hormigón proyectado con malla electrosoldada, barras de anclaje o arcos metálicos, solera plana o curva en hormigón convencional. (Pachón, 2017)



Ilustración 7 Túnel de fuga - Hidroeléctrica Del Guavio (Marulanda, 2014)

Se inició la excavación en el año de 1982 y culminó en el año de 1990, 17 años de pues de la culminación, aparecieron tramos que se vieron afectados por varias patologías como el desprendimiento del hormigón proyectado y de bloques de roca, fisuras y grietas en el hormigón de revestimiento causadas por el fenómeno de falla creep. En algunos de los tramos en los que se hicieron reparaciones se presentó un aumento en los daños en el año 2008, por lo que hubo la necesidad de monitoréalo el año 2009 he intervenido en el año 2010. (Pachón, 2017)

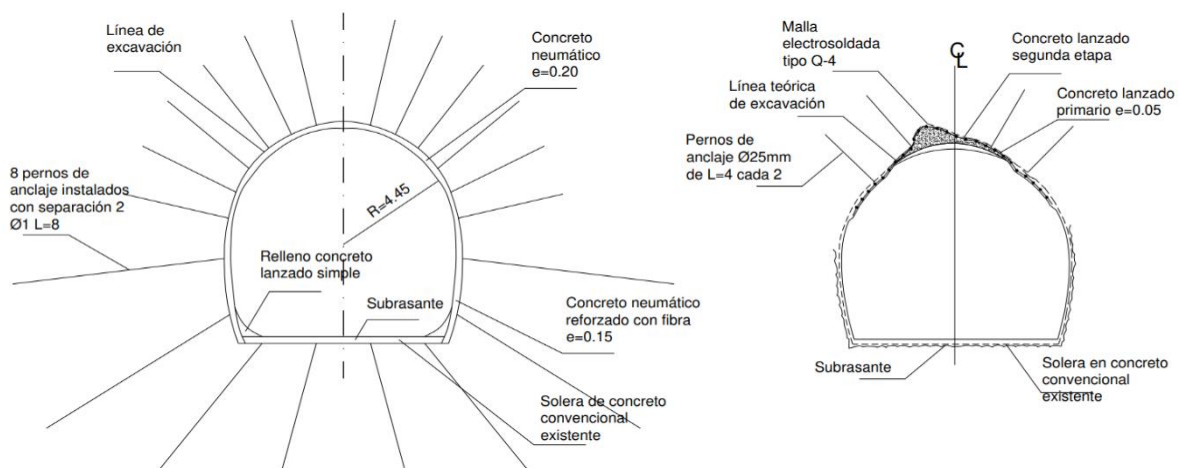


Ilustración 8 Tratamiento efectuado al túnel la Fuga (Pachón, 2017)

La intervención consistió en reemplazar y colocar hormigón proyectado reforzado con fibra metálica, barras de anclajes de 1 pulgada de diámetro con platinas y anclados con resina sintética y malla electrosoldada de 6 mm. El control de calidad de la obra se llevó a cabo por medio de ensayos de resistencia a compresión a los 28 días a muestras provenientes de extracción de núcleos de artesas tomadas en campo. Los trabajos pudieron realizarse con rendimientos tales que permitieron la ejecución de trabajos en zonas adicionales en el mismo tiempo previsto para los trabajos iniciales. (Pachón, 2017)



Ilustración 9 Tratamiento tipo de terreno IV túnel la Fuga (Marulanda, 2014)

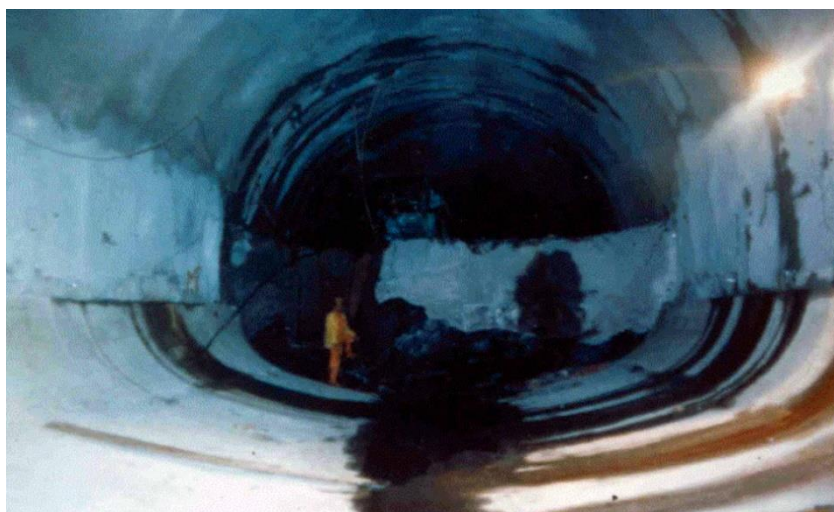


Ilustración 10 Sección completa con revestimiento (Marulanda, 2014)

Túnel de desvió No 2 en la Central Hidroeléctrica Urra 1

De acuerdo con la presentación de túneles hidráulicos en Colombia por (Silva, 2015), el túnel No 2 de la hidroeléctrica Urra 1, con una sección de 7 metros de diámetro y longitud total de 1.183 metros, el cual fue utilizado para desviar el río Sinú, en 1996 para cumplir con la fecha de desvío, fue necesario cambiar el tipo de revestimiento de hormigón simple a hormigón proyectado.

Después de 4 años de estar en funcionamiento y al comparar el estado del túnel No 1, el cual fue revestimiento fue en hormigón simple con el túnel No 2 el cual fue revestimiento con hormigón proyectado, se puede determinar que el túnel No 2 no tuvo ninguna afectación significativa que pusiera en riesgo su estabilidad estructural, lo que conlleva que en este caso el uso de hormigón proyectado cumplido con lo esperado.



Ilustración 11 Hidroeléctrica Urra 1 Túnel No 1 (Silva, 2015)



Ilustración 12 Hidroeléctrica Urra 1 Túnel No 2 (Silva, 2015)

7. Marco Referencial

7.1. Presentación del proyecto

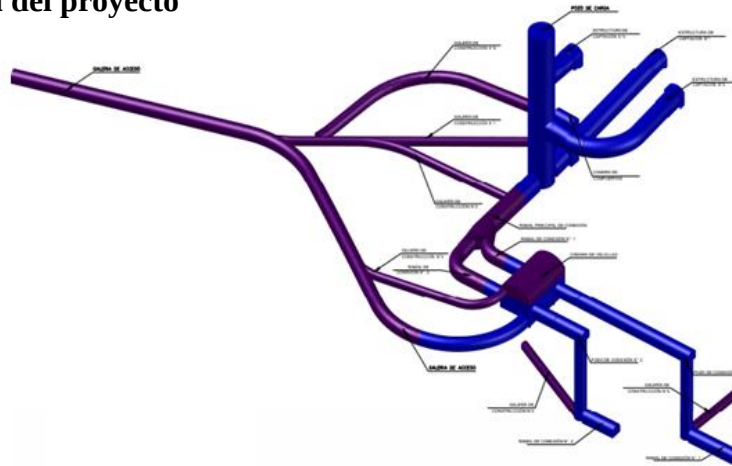


Ilustración 13 Isométrico Proyecto nuevas bocatomas Hidroeléctrica Chivor (Autor: Fuente Propia)

El proyecto nuevas bocatomas para la hidroeléctrica Chivor, se basó en la construcción de 1.2 kilómetros entre túneles, galerías y pozos que funcionan como acceso y captación de agua sin sedimentos hacia la central generadora, los propietarios de la central hidroeléctrica se vieron en la obligación de encontrar una solución a la problemática de los sedimentos que arrastran los ríos que abastecen el embalse la esmeralda y se vienen acumulándose desde el año de 1982 que se puso en operación la central.

Los sedimentos acumulados en el fondo del embalase la esmeralda, eran captados por las anteriores bocatomas que llevan funcionado alrededor de 40 años, estos sedimentos estaban ocasionando daños, desgaste en los equipos y un posible taponamiento de los tunes de conducción.

Se relacionan las excavaciones, la longitud y al tipo de túnel que se llevaron
construyeron:

Excavación	Longitud (m)	Función del Túnel
Galería de Construcción No 1	156.4	Acceso a Túnel de Carga No 1

Excavación	Longitud (m)	Función del Túnel
Galería de Construcción No 1	156.4	Acceso a Túnel de Carga No 1

Galería de Construcción No 2	84.52	Acceso a Ramal Principal de Conexión
Galería de Construcción No 3	90.78	Acceso Cámara de Válvulas
Galería de Construcción No 4	63.82	Acceso a Ramal de Conexión No 1
Galería de Construcción No 5	38.11	Acceso a Ramal de Conexión No 2
Túnel de Carga No 1	102.00	Túnel Hidráulico
Ramal Principal de Conexión	41.20	Túnel Hidráulico
Ramal de Conexión No 1	147.00	Túnel Hidráulico
Ramal de Conexión No 2	128.74	Túnel Hidráulico
Cámara de Válvulas	18.00	Control de válvulas de Flujo
Pozo de Conexión No 1	47.12	Túnel Hidráulico
Pozo de Conexión No 2	50.56	Túnel Hidráulico
Pozo de Carga	88.00	Túnel Hidráulico

Tabla 2 Excavaciones y función de cada una (Autor: Fuente Propia)

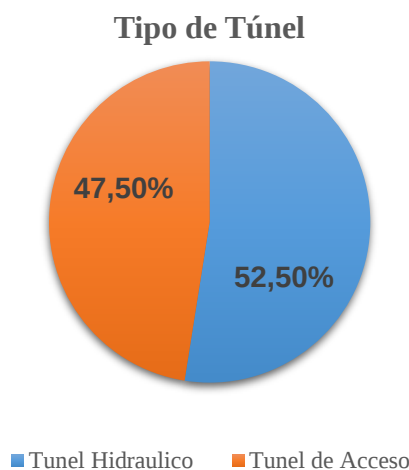


Diagrama 3 Funciones de túnel de acuerdo al porcentaje (Autor: Fuente Propio)

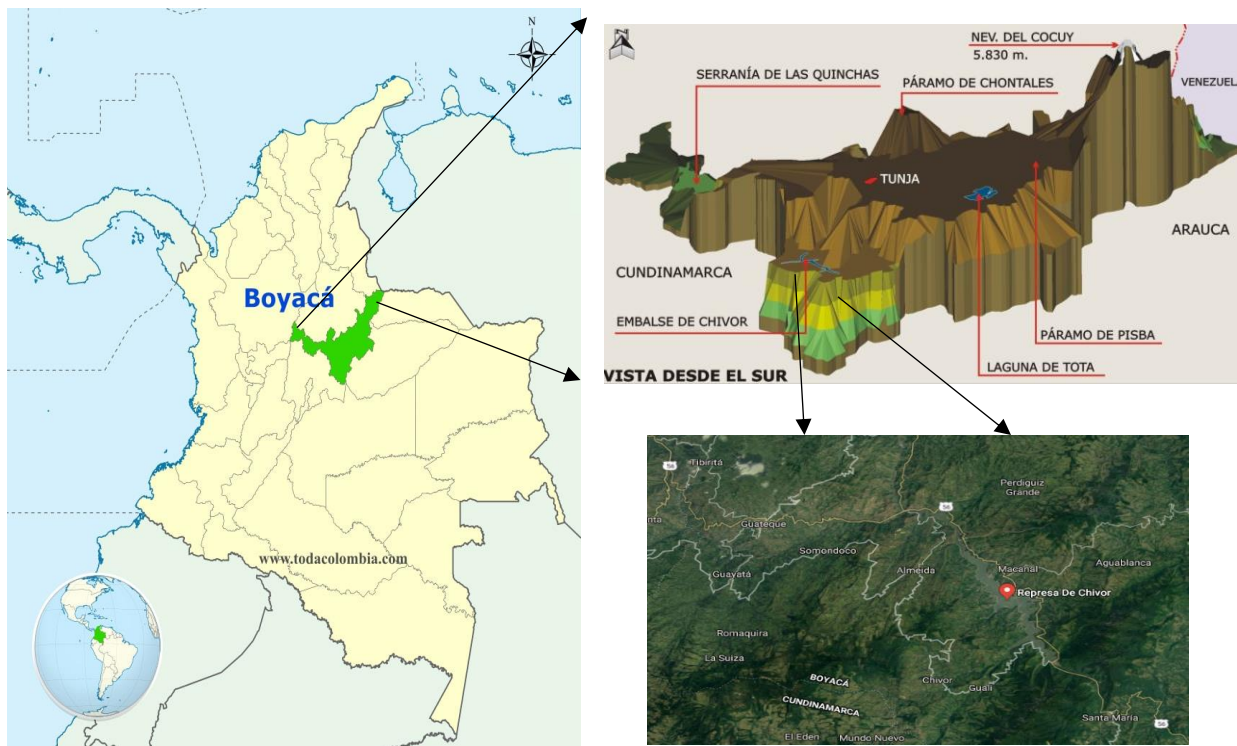
El 52.50% del proyecto corresponden a túneles hidráulicos y son el énfasis de la investigación, debido al revestimiento en hormigón proyectado reforzado con malla electrosoldada que se usó de acuerdo al tratamiento establecido para el proyecto a partir del

cambio de diseños, este proyecto inicio en junio del 2018 y finalizo con su puesta en operación en septiembre de 2021.

7.2.Marco Geográfico

7.2.1. Localización

Este proyecto de investigación se realizó dentro la central hidroeléctrica de Chivor de propiedad de Aes Chivor & Cia Sca Esp, se localiza a 160 km al noroeste Bogotá, por la vía alterna a los llanos que comunica los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Casanare, la central pertenece al departamento de Boyacá, cerca al municipio de Santa María ubicado aguas abajo del de la presa, aguas arriba se encuentra el embalse la esmeralda que es el encargado de suministra el caudal para el funcionamiento y generación y se encuentra dentro de la jurisdicción de los municipios de Macanal, Chivor y Almeida. (AES Chivor, 2011)



Mapa 1 Localización de central hidroeléctrica Chivor (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2019)

El embalse la esmeralda se sitúa a los 1200 msnm, su área es de 1260 hectáreas, tiene 130 metros de profundidad en su parte más profunda y un volumen de 778 millones de metros cúbicos aproximadamente. Tiene una longitud total de 22,9 km, la parte más ancha del embalse es de 1 km y su perímetro de 58,8 km. El principal afluente es el río Bata.



Ilustración 14 Embalse la Esmeralda (Gobernación de Boyaca , 2015)

La Hidroeléctrica Chivor está considerada como la tercer central hidroeléctrica con mayor capacidad en Colombia, su capacidad instalada es de 1000 MW que se generan por medio 8 turbinas y la presa tiene 237 metros de altura.

7.2.2. Demografía

Dentro de este apartado se describe de forma general los municipios y la población que está dentro de la zona de influencia que conforma en conjunto del embalse la esmeralda y la central hidroeléctrica Chivor.

7.2.2.1. Santa María Boyacá

Se ubica en el piedemonte llanero sobre la cordillera oriental del macizo andino, se localiza a los 850 msnm, Pertenece a la Provincia de Neira, al sur oriente del departamento de Boyacá y limita por el norte con los municipios de Macanal y Campohermoso, por el oriente con San Luis de Gaceno, por el sur con Ubalá (Cundinamarca) y por el oeste con Chivor,

cuenta actualmente con 4.498 habitantes de los cuales 2025 son urbanos y tiene una temperatura de 24 grados centígrados promedio. (AMAYA, 2016)



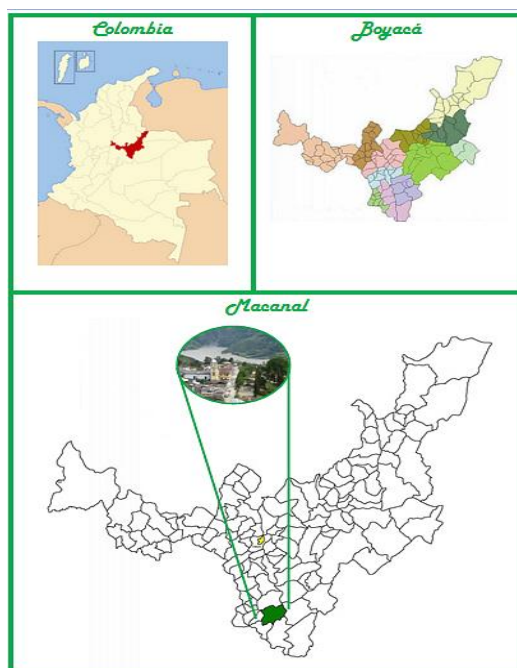
Mapa 2 Localización Santa María (AMAYA, 2016)

El 55% de la población (2.473 habitantes), reside en el sector rural comprendido por 20 veredas, se dedican a la actividad agropecuaria, siendo este el principal renglón productivo de la economía del municipio; la producción de energía mediante la central hidroeléctrica Chivor es el sector secundario y el área urbana comprendida por ocho barrios donde se desarrolla actividades de comercio en general, hotelería, restaurantes, discotecas y estaciones de servicio conforman el renglón terciario. (AMAYA, 2016)

7.2.2.2. Macanal Boyacá

Macanal se encuentra ubicado al sur oriente del departamento de Boyacá, en el idilio del Valle de Tenza que conforman las provincias de Neira, Oriente, Lengupa y los Almeida en Cundinamarca, limita por el norte con Garagoa, al sur con Santa María y Chivor, al oriente con Campohermoso y por último al occidente con Almeida; tiene una extensión de 19.950 hectáreas,

a una altura sobre el nivel del mar de 1700 metros, su temperatura promedio es de 20 grados centígrados. (Franco, 2012)



Mapa 3 Localización Macanal (Franco, 2012)

La población total de Macanal es de 5976 habitantes, el 90% (5399) se encuentran en el sector rural y el 10% (577) en el sector urbano. El Sector rural ha ocupado 199,5 kilómetros cuadrados de su territorio en la ganadería principalmente con un 72.7%, la agricultura con un 2.3%, un 19.5% del territorio que está cubierto por bosques y vegetación nativa, un 4.57% del territorio se utiliza como almacenamiento de agua en el embalse de la Esmeralda utilizada para generar energía. La construcción del este embalse ha traído beneficios financieros al municipio por concepto de regalías del sector eléctrico y mejoro el turismo en la región, la población continúa adaptado a la industria del turismo ya que exige competitividad en los ámbitos de gerencial, técnica y operativa. (Franco, 2012)

7.2.2.3. Chivor Boyacá

Chivor se localiza al suroriente del departamento de Boyacá en la región del Valle de Tenza, limita al norte con el municipio de Macanal, al sur con el municipio de Ubalá, al este con el municipio de Santa María y finalmente al noroeste con el municipio de Almeida y Guayatá, se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1800 metros y tiene un área de 108.36 kilómetros cuadrados y es uno de los municipios que pertenece al cinturón esmeraldero oriental. (LAZA, 2020)



Mapa 4 Localización Chivor (LAZA, 2020)

Chivor hace parte de la provincia de Oriente, una de las trece provincias que hay en el Departamento de Boyacá; es integrada por ocho municipios, Guateque, Sutatenza, Tenza, Guayatá, Chivor, Somondoco, Chivor y la Capilla, todos localizados al oriente del Departamento de Boyacá.

Chivor tiene una población de 3.461 habitantes, el 36% (1.244) residen en el casco urbano y el 64% (2.217) están distribuidos en las 14 veredas que conforman el municipio. La agricultura y la producción pecuaria no representa en este municipio, la principal actividad económica es la minería de esmeraldas.

7.2.2.4. Almeida Boyacá

Almeida se localiza al sur occidente del departamento de Boyacá, en la Provincia de Oriente, una porción se encuentra inundada por el embalse de La Esmeralda, al norte con los municipios de Garagoa y Macanal, al sur con los municipios de Ubalá, Chivor y Guayatá, al oriente con el municipio de Santa María y finalmente al occidente con el municipio de Somondoco, se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1800 metros. (Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres - CMGRD , 2015)



Mapa 5 Localización de Almeida (Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres - CMGRD , 2015)

En Almeida, 16,7% (260) de los habitantes corresponde a la población del casco urbano y para el área rural el 83,3% (1298) de los habitantes se distribuyen en las 9 veredas que conforman municipio. La principal economía del municipio es la producción agrícola que se realiza en pequeñas parcelas, también la ganadería de doble propósito y la minería de agregados destinados al mantenimiento de las vías.

7.3. Marco Legal

Dentro de este apartado se relacionan las principales normas nacionales como internacionales el uso y comportamiento del hormigón proyectado.

Normativa	Descripción	Estado
ACI 506.R-16	Esta normativa determina las especificaciones que se deben considerar en la aplicación de hormigón proyectado como soporte en excavaciones subterráneas y proporciona los parámetros generales para la selección de los materiales, métodos para la dosificación del hormigón proyectado, mezclas y manejo de los materiales, métodos y equipos de colocación del hormigón proyectado.	Vigente
ACI 544.3R-08	Esta normativa proporciona orientación sobre el hormigón proyectado con fibra, teniendo en cuenta las técnicas de mezclado para lograr que las mezclas sean uniformes, técnicas de colocación para asegurar una consolidación correcta y técnicas de acabado para asegurar texturas superficiales satisfactorias.	Vigente
EFNARC	Esta especificación define los conceptos básicos, calidad de los materiales, métodos para la dosificación del hormigón proyectado, mezclas y manejo de los materiales con su respectivo control de calidad, métodos y equipos de colocación del hormigón proyectado y pruebas de control de calidad al hormigón proyectado.	Vigente
NTC 4344	Esta normativa explica los parámetros y procedimientos de medición del hormigón proyectado a través de la metodología de artesas, de esta manera se ha logrado determinar la idoneidad del hormigón antes de ser proyectado, en el momento su aplicación y la evaluación como producto terminado.	Vigente

Tabla 3 Normas referentes al hormigón proyectado

7.4.Marco Conceptual

Acelerante: es un aditivo que es añadido a un hormigón o mortero para aumentar la velocidad de hidratación del cemento hidráulico y reducir el tiempo de fraguado o aumenta la velocidad de endurecimiento. (DÍAZ, GUZMÁN, & CORTEZ, 2006)

Aditivos: son sustancias orgánicas o inorgánicas diferentes al agua, agregado y cemento hidráulico, que hacen que el hormigón reaccione tanto física como químicamente y se agregan al hormigón en estado fresco, antes, durante o después del mezclado en pequeñas cantidades, con el fin de mejorar algunas propiedades en estado fresco o endurecido. (DÍAZ, GUZMÁN, & CORTEZ, 2006)

Boquilla: Parte del equipo de hormigón lanzado utilizado para adicionar agua a la mezcla seca en el método de lanzado de mezcla seca, así como también se utiliza en el de mezcla húmeda para expulsar el hormigón. (DÍAZ, GUZMÁN, & CORTEZ, 2006)

Control de la calidad: acciones que toma un fabricante o contratista para implementar un control sobre lo que se fabrica o provee de manera de seguir las normas de buena práctica aplicables para el trabajo en cuestión. (DÍAZ, GUZMÁN, & CORTEZ, 2006)

Hormigón proyectado: es una mezcla de cemento, áridos y agua proyectada en forma neumática desde una boquilla hacia su lugar de colocación para producir una masa densa y homogénea. El hormigón proyectado normalmente incorpora aditivos y también puede incluir adiciones o fibras o una combinación de ambas. (EFNARC, 1996)

7.5. Marco Teórico

El marco teórico identifica el uso y el comportamiento del hormigón proyectado en los túneles hidráulicos, enfocando a los problemas y a las ventajas que se dan por utilizarlo por la vía humedad, conociendo los criterios mínimos para elegir este tipo de revestimiento.

7.5.1. Origen de hormigón proyectado

Al final de la segunda guerra mundial George Senn, inventa una máquina de tornillo que permitía proyectar hormigón con un tamaño máximo de agregados de hasta 25 mm por vía seca, naciendo el hormigón proyectado como lo conocemos hoy en día y sus diferentes usos en especial para las obras subterráneas (Geotuneles S.A.S., 2010). El hormigón proyectado no ha cambiado en su concepto inicial a pesar del tiempo, en lo que se innova es en las tecnologías que al utilizarse mejoran sus características.

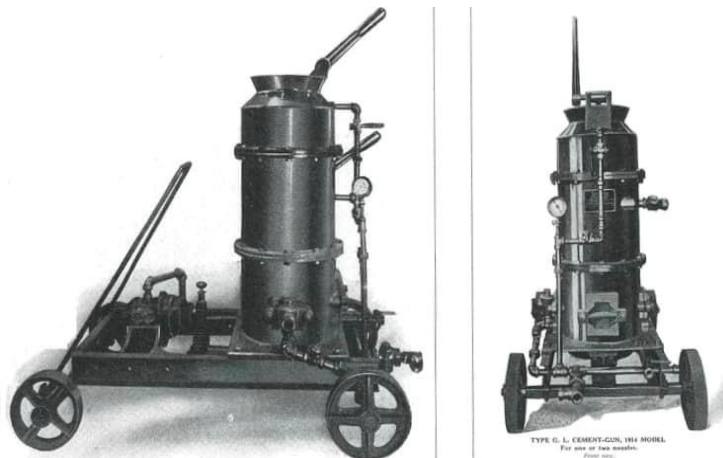


Ilustración 15 Máquina de tornillo para proyección de hormigón - vía seca (Filamos S.R.L., 2022)

7.5.2. Definición de hormigón proyectado

La especificación técnica mundial para hormigón proyectado ACI 506R-16, establece que un hormigón proyectado, es un hormigón o mortero que se impulsa y se transporta a través de mangueras, que posteriormente es proyectado neumáticamente a alta velocidad contra una superficie. Su colocación y compactación se hacen simultáneamente debido a la fuerza del

chorro que impacta en la superficie, permitiendo su autoaporte sin resbalar o caer. Se utiliza principalmente en construcción de secciones delgadas (espesores entre 5 a 30 cm) y ligeramente reforzadas. (Quispe, Dianderas, & Abregu, 2015)

7.5.3. Metodología de aplicación hormigón proyectado

En la actualidad existen dos metodologías de aplicar el hormigón proyectado:

7.5.3.1. Aplicación por vía seca

La mezcla de los materiales para el hormigón proyectado por vía seca se dispone en una tolva, en donde se mezclan continuamente para que la mezcla sea uniforme. dentro de la tolva se tiene aire comprimido que se adiciona con el barril rotatorio, con la finalidad de enviar los materiales aun flujo continuo a lo largo de la tubería. (Quispe, Dianderas, & Abregu, 2015)

El agua se agrega antes de la boquilla de proyección y al final de la manguera como se puede ver en la *Ilustración 16*, de igual forma, el aditivo acelerante de fraguado que generalmente se utiliza para el hormigón proyectado de esta forma se garantiza una buena mezcla con los materiales.



Ilustración 16 Equipo Moderno para hormigón proyectado vía seca (REED, s.f.)

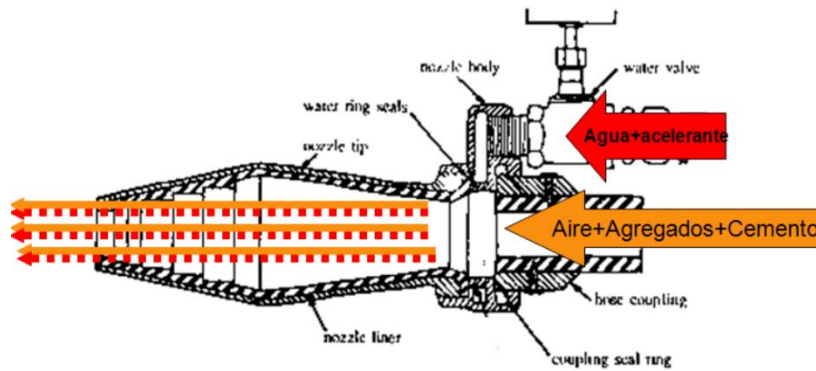


Ilustración 17 Mezclado en boquilla hormigón proyectado vía seca (BARREDA GONZALES, 2014)

Este método se utiliza usualmente cuando son trabajos de volúmenes pequeños o cuando el acceso a la excavación es de dimensiones limitadas y de muy difícil acceso para equipos de grandes proporciones. Se utiliza cuando la prioridad es la resistencia inicial, ejemplo utiliza hormigón proyectado para sellar filtraciones de agua o cuando se hacen reparación en hormigón. (Quispe, Dianderas, & Abregu, 2015)

7.5.3.2. Aplicación por vía húmeda

Los materiales para el hormigón proyectado son mezclados y se incorpora el agua a la mezcla generalmente en un mixer o en una planta mezcladora, antes de ser llevado al equipo que se utilizara para proyectar el hormigón. Los equipos para la proyección por vía húmeda deben contar con una potencia mayor para poder hacer circular la mezcla a lo largo del recorrido, ya que es muy diferente el impulsar la mezcla en seco que la mezcla húmeda.

En este caso el aire es incorporado antes de la boquilla de proyección y finalizando la manguera como se puede ver en la *Ilustración 18*, de igual forma, el aditivo que se usa como acelerante de fraguado que generalmente se utiliza para el hormigón proyectado, garantizando que el hormigón sea proyectado de una manera más homogénea.



Ilustración 18 Robo Jet equipo de hormigón proyectado vía húmeda (Autor: Fuente Propia)

La proyección por vía húmeda es el más adecuado en la actualidad ya que ofrece un mejor ambiente de trabajo, mayor calidad, uniformidad, rendimiento en la producción y es mediante esta metodología de proyección debido a que por medio de esta se implementan las nuevas tecnologías como son las adiciones, curador interno de hormigón y fibras metálicas o sintéticas.

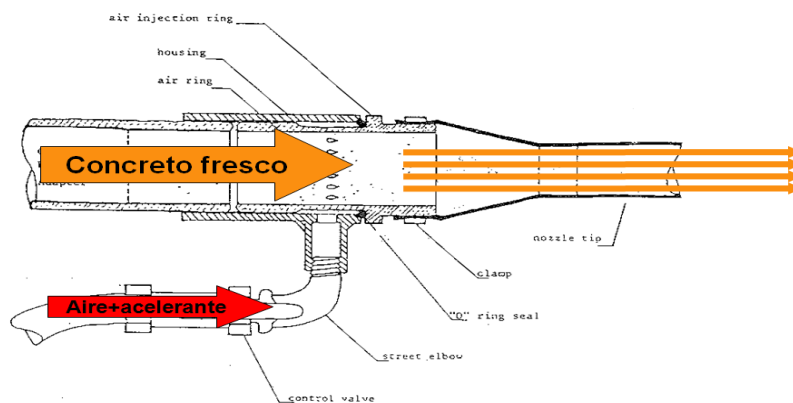


Ilustración 19 Mezclado en boquilla hormigón proyectado vía húmeda (BARREDA GONZALES, 2014)

7.5.3.3. Diferencias entre metodologías de aplicación de hormigón proyectado

Se realiza una comparación entre los métodos de aplicación del hormigón proyectado durante todo su proceso:

Ítem	Hormigón proyectado vía húmeda	Hormigón proyectado vía seca
Equipamiento	➤ Bajo costo de manteniendo. ➤ Mayor costo inicial.	➤ Alto costo de mantenimiento. ➤ Menor costo inicial.
Mezclado	➤ Mezcla exacta en planta por lotes. ➤ Se utiliza hormigón mezclado en planta. ➤ Acepta agregados húmedos.	➤ Mezclado en el lugar de trabajo o en planta de pre-dosificado. ➤ Entrega por lotes pequeños o grandes cantidades. ➤ Rendimiento afectado por humedad del agregado, limitado usualmente a un máximo de 6%. ➤ Requiere más mano de obra.
Rendimiento	Tasa de colocación de entre 3 a 10 m ³ /hora para proyección manual y hasta 25 m ³ /hora con equipos de hormigón robotizado.	Baja tasa de colocación esta entre 1 a 6 m ³ /hora.
Rebote	Bajo rebote esta entre el 5% y 15%, dependiendo de la mezcla, diseño y aplicación.	Alto rebote esta entre un 30% y hasta el 60% dependiendo de condiciones del lugar y la aplicación
Polución	Baja generación de polución en el lugar de trabajo.	Polución alta.
Calidad del hormigón proyectado	Calidad consistente.	Mayor variación de calidad en el lugar de colocación
Transporte a través de ductos	Cortas distancias de transporte, dependiendo de condiciones, equipos y mezcla; distancia máxima hasta 200 metros.	Mayores distancias de trasporte con equipos adecuados; distancia máxima hasta 500 metros.
Aplicaciones	Se adapta mejor a altos volúmenes de aplicación.	➤ Se adapta mejor a bajos volúmenes de aplicación. ➤ Ideal para iniciar y detener operaciones sin dificultad. ➤ Adecuado en lugares de acceso remoto o limitado.

Tabla 4 Comparación entre hormigón proyectado vía húmeda Vs Seca (Quispe, Dianderas, & Abregu, 2015)

7.5.3.4. Sistema de proyección del hormigón

El sistema como se realiza el proyectado, es un parámetro importante y que determina la calidad del hormigón en sitio, independientemente de que la proyección sea manual o robótica. El lanzador es la persona clave en una operación de hormigón proyectado, ya que es el responsable durante todo el proceso, por lo tanto, de llevarlo a los estándares de calidad especificados. (Quispe, Dianderas, & Abregu, 2015)



Ilustración 20 Proyección manual de hormigón (Autor: Fuente Propia)



Ilustración 21 Proyección robótica de hormigón (Autor: Fuente Propia)

Durante la proyección del hormigón, el lanzador se encarga de asegurar que la presión de aire este en todo momento sea uniforme, proporcionando una mayor velocidad de impacto y

una mejor compactación. El lazador deberá contar con la experiencia de al menos una operación de estos equipos en un proyecto similar.

La técnica adecuada para la proyección genera un hormigón de alta calidad, las técnicas de aplicación para el hormigón proyectado se pueden consultar a detalle en el documento ACI 506R-16 o en la EFNARC y la aplicación robótica en la actualidad es la que más está siendo utilizada, debido a las ventajas que tiene sobre la aplicación manual, como son:

- La operación del brazo robótico se realiza a control remoto desde una zona segura en donde el trabajador no está expuesto a riesgos durante la actividad.
- La aplicación robótica ha permitido incrementar el diámetro de la tubería de proyección hasta 4", lo que permite proyectar un mayor volumen de hormigón en un tiempo menor y reduce el esfuerzo del operador en comparación en la proyección manual. (HERNÁNDEZ DÍAZ, 2017)

7.5.4. Propiedades físicas del hormigón proyectado

(DÍAZ, GUZMÁN, & CORTEZ, 2006) en su tesis plantearon la importancia de las propiedades físicas del hormigón proyectado para establecer los parámetros que aseguran la calidad del hormigón y se determinan en:

- **El aspecto:** El hormigón proyectado tiene una superficie rugosa que dependerá en todos los casos del tamaño del agregado y de la técnica de proyección.
- **El color:** El hormigón proyectado puede tener diferentes tonalidades, en especialmente cuando se hace la proyección por vía seca.

- **La adherencia:** Cuando el hormigón se impacta en la superficie llena las irregularidades, fisuras y poros que se genera en el proceso de excavación, formando una capa en la cual se incrustan los agregados gruesos. La resistencia al desprendimiento está dada por el puente de cemento entre la superficie y los agregados, puede variar entre 0.3 - 2.0 N/mm².
- **La porosidad:** El hormigón proyecto tiene una porosidad baja debido a que en su mezclado se utiliza una cantidad mayor de agregados finos en relación con el hormigón convencional. La relación agua/cemento en el hormigón proyectado es baja y su asentamiento alto, creándose poros pequeños que no se comunican entre sí.
- **La resistencia a compresión:** El tamaño de los agregados causa que se obtengan resistencias inferiores a un hormigón convencional, alcanzando resistencias superiores a los 30MPa a los 28 días.
- **Permeabilidad:** un hormigón se considera impermeable cuando su permeabilidad es de 50×10^{-10} m/s, el hormigón proyectado alcanza valores de $10 - 25 \times 10^{-10}$ m/s.
- **Módulo de elasticidad:** en el hormigón proyectado se manejan valores entre 28000 y 33000 N/mm².
- **Fluencia Lenta:** es la deformación en el tiempo de un material bajo carga, el hormigón proyectado en estado de flexión no se relaciona directamente con la fluencia del mismo material sometido a compresión, especialmente después que se ha producido la fisuración.
- **Retracción por secado:** es una medida de la reducción en su longitud, a lo largo de una dimensión lineal, cuando se reduce su contenido de humedad y varía en cuanto 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.

- **Densidad aparente:** el contenido de cemento y la porosidad determinan la densidad aparente del hormigón proyectado, la cual varía entre 2200 y 2400 kg/m³.
- **Resistencia a tracción:** la resistencia a tracción obtenida en un hormigón proyectado varía entre 1,6 y 2,1 N/mm² a los 28 días y de 3,3 a 5,3 N/mm² a los tres años. Estos valores aumentan notablemente con la adición de fibras metálicas.
- **Temperatura de trabajo:** el hormigón proyectado debe tener una temperatura por encima de los 5 °C y no exceder los 35 °C, a menos que se tomen disposiciones especiales.

7.5.5. Hormigón proyectado en túneles hidráulicos

7.5.5.1. Definición de túnel hidráulico

(Pachón, 2017) en su tesis, define a un túnel hidráulico como aquel que se utiliza para transportar o conducir agua a presión o a flujo libre, desde una presa o un embalse hasta la central de producción de energía eléctrica o a los tanques de almacenamiento y tratamiento.

7.5.5.2. Metodología de excavación

El método más empleado en Colombia para la excavación de túneles es el Nuevo Método Austriaco (N.A.T.M.). es uno de los métodos más seguros, económico y de gran eficiencia, debido a que integra el comportamiento del macizo rocoso, las deformaciones presentadas por la excavación en su etapa constructiva y un tratamiento de soporte apropiado aplicado a tiempo. (ConstruMine Chile, 2018)

El (N.A.T.M.) determina y controla los esfuerzos y deformaciones que desarrolla el macizo rocoso, también el cómo interaccionan los tratamientos de soporte y revestimiento, maximizando la capacidad de autosoporte de la roca; se puede concluir que si se permite que hayan deformaciones en la sección de excavación de forma controlada, permitirá que se movilice la resistencia al corte de la roca impidiendo que el macizo invada la sección de excavación del túnel, mitigando la carga sobre el soporte instalado. (Pachón, 2017)

Los túneles de acuerdo al (N.A.T.M.) se conforman en dos capas, la primaria denominada como soporte, lleva pernos, arcos, anclajes y hormigón proyectado reforzado con malla electrosoldada o fibras que de acuerdo al requerimiento pueden ser sintéticas o metálicas. La segunda capa es el revestimiento se construye con hormigón en sitio o hormigón proyectado. Es recomendable que en entre estas dos capas se utilice un tratamiento de impermeabilización que pueden utilizar inyecciones de impermeabilización o una membrana flexible en toda la seccion.

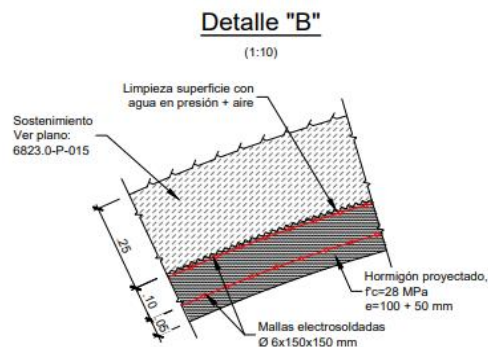


Ilustración 22 Tratamiento de sostenimiento y revestimiento (Autor: Fuente propia)

7.5.5.3. Proceso de excavación mediante (N.A.T.M.)

La excavación se puede realizar de acuerdo al sección o tamaño y la condición de estabilización del macizo rocoso del túnel, se puede hacer en sección completa o parcial e inmediatamente se debe realizar el sostenimiento primario con hormigón proyectado reforzado

con malla electrosoldada o fibra que de acuerdo a la finalidad de túnel puede ser sintética o metálica, la colocación de pernos como elementos de sujeción de cuñas y marcos metálicos de sujeción, si se requieren y la excavación se puede hacer con voladura o máquinas excavadoras.

- **Perforación y voladura:** Este sistema es uno de los más utilizado en Colombia por su versatilidad y rapidez. de acuerdo a sección del túnel se pueden excavar en sección completa o dividida en avance y destroza.



Ilustración 23 Perforación para voladura (Autor: Fuente propia)

Para realizar la perforación de los barrenos se pueden utilizar martillos neumáticos manuales como los jackleg que son indispensables en galerías o túneles muy pequeños, también se pueden utilizar martillos hidráulicos montados sobre maquinaria móvil, Jumbos multibrazo, se emplean túneles más grandes y genera un mayor rendimiento.

7.5.6. Tratamiento donde se utiliza el hormigón proyectado

(VARGAS, 2011) En su tesis determina que, en el proceso constructivo para un túnel, hay dos tipos de tratamiento en donde se emplea el hormigón proyectado y son los siguientes:

7.5.6.1. Tratamiento para soporte

Al excavar un túnel se ve alterado el equilibrio del macizo roco, por esta razón se debe diseñar un tratamiento de soporte que logre controlar con un factor alto de seguridad los esfuerzos y deformaciones que los asumía la roca antes de la excavación, deberán controlarse mediante estructuras de apoyo que protegerán al personal y los equipos que trabajan en él.

El hormigón proyectado durante el proceso de excavación, llena oquedades, fisuras y discontinuidades que quedan expuestas durante este proceso, evitando la meteorización y descompresión de la roca. Otra función primordial es la de soportar los esfuerzos de la roca que genera deformación, evitando que las cuñas o bloques de roca se desprendan o caigan. En terrenos blandos, la sección puede ser más constante y homogénea. (Pachón, 2017)



Ilustración 24 Hormigón proyectado tratamiento para soporte (Autor: Fuente propia)

7.5.6.2. Tratamiento para revestimiento

Es necesario en la mayoría de los túneles realizar un revestimiento final, este tratamiento se puede instalar y utilizar con dos fines: estructural y para contener y complementar el tratamiento de soporte y en operación garantizar que la superficie interna cumpla con las funciones para las que fue diseñado el túnel.

Como revestimiento en un túnel se puede emplear el hormigón en varias formas, las más usadas en Colombia son: el hormigón proyectado y el hormigón convencional. Los menos usuales pero que también usados son: los muros con techos falsos, paneles de hormigón prefabricados y enchapes o baldosas.

El hormigón proyectado se considera como una de las mejores técnicas para la estabilización y soporte en un túnel, debido a que logra en tiempos muy cortos una resistencia a la compresión alta, dejando el uso de la formaleta a un lado. Este tipo de hormigón es considerado como un material de alto desempeño cuando los tres elementos principales se complementa. El hombre, es el encargado de la operación del equipo de proyección este requiere de gran habilidad técnica, conocimiento y confianza plena en la máquina, lo cual permite cumplir satisfactoriamente la aplicación del hormigón proyectado. (Pachón, 2017)



Ilustración 25 Hormigón proyectado como revestimiento definitivo (Autor Propio)

((INVIAS), 2021) en su manual para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de túneles de carretera para Colombia, el revestimiento utilizado en los túneles hidráulicos en el proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor se clasifica como revestimiento de capa sencilla (RCS): esta configuración no emplea un sistema de

impermeabilización (capa impermeable). Está compuesto por una o varias capas de hormigón neumático y su aplicación se limita para túneles con bajas infiltraciones y con longitudes inferiores a 700 m.

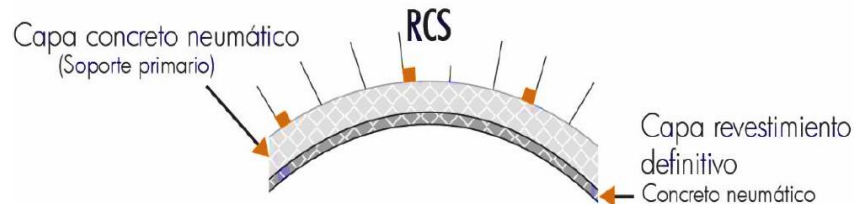


Ilustración 26 Revestimiento de capa sencilla ((INVIAS), 2021)

Dentro de los efectos de la hidrogeología en fase de construcción en un túnel podemos encontrar los siguientes:

- Permite que el macizo rocoso pierda resistencia y genera inestabilidades en el mismo.
- Por el cambio de excesivo en las humedades de la roca pueden generarse alteraciones o meteorización.
- Aumento de la presión atmosférica generada por el agua sobre el hormigón proyectado que se utiliza como sostenimiento y revestimiento.
- Genera cambios de sección por expansión de estratos al contacto con el agua.
- Inestabilidad en la sección de excavación en los avances constructivos.
- La estabilidad de la sección de excavación del túnel se ve afectada por incremento de peso de los materiales.

Para controlar la presencia excesiva de agua en túnel se deben realizar tratamientos al terreno, entre los cuales se tienen los siguientes:

- Identificar en donde se presenta los mayores aportes de agua.

- Se deben incorporar drenaje al tratamiento de impermeabilización para liberar presiones durante la etapa de operaciones.
- Conocer las dimensiones de las aperturas de las diaclasas, para inyectarlas con el mejor procedimiento.
- Determinar los tipos materiales para realizar las inyecciones para los tramos que se deban intervenir.
- Determinar el tipo de barrenos (ubicación, longitud, tramos de inyección)
- Especificaciones para inyecciones: volúmenes permitidos, presión mínima y máxima y caudales y consumo por tramos.

8. Diseño Metodológico

8.1. Enfoque Metodológico

Dentro del alcance de la investigación, se evidencia un enfoque cualitativo, sustentado en las observaciones y evaluaciones en las diferentes tecnologías que son aplicadas al hormigón proyectado directa e indirectamente cuando es usado como revestimiento definitivo en túneles hidráulicos, para la investigación es indispensable la evidencia que se tiene para ser comparada con otros proyectos en donde se implementaron tecnologías que mejoran las condiciones del revestimiento.

La investigación está basada en la información de los antecedentes que presentaron otros proyectos en los cuales las condiciones fueron similares a las del proyecto de investigación, los resultados se basan en la similitud de la información recolectada siendo comparada por medio de investigación y asociada a la posible problemática causada por el uso de un hormigón proyectado en túneles hidráulicos, pero se están concluyendo una serie de

tecnologías que puedan cambiar los malos resultados si se hace de una manera más concluyente.

8.2. Tipo de Investigación

El método científico es la base del proyecto de investigación , debido a que se tiene como objetivo recopilar información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar las experiencias de otros proyectos, debido a que la información para despejar el problema debe ser consultada en diferentes literaturas y trabajo de investigación para evaluar los efectos generados por el hormigón proyectado en un túnel hidráulico y conocer las tecnologías actuales que sean aplicables al proyecto para resolver el problema que se generó es la principal razón de esta investigación.

8.3. objetivos de la investigación

Objetivo 1		
Identificar factibilidad del uso del hormigón proyectado como revestimiento en los túneles del proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.		
No	Actividad	Registro fotográfico
1	Recopilar información mediante una investigación de los antecedentes nacionales de los proyectos con túneles hidráulicos donde se utilizó hormigón proyectado como revestimiento definitivo.	
2	De acuerdo a los antecedentes, se identifican los problemas que cada uno de los túneles que utilizaron hormigón proyectado como revestimiento definitivo tuvieron durante su operación y cuales fueron la soluciones.	

(Autor: Fuente Propia)

3	Se asocian los problemas encontrados en los otros túneles con el proyecto nuevas bocatamas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia, con la finalidad de identificar que problemas se pueden presentar de acuerdo a los tratamientos de sostenimiento y revestimiento especificados para este.	 (Autor: Fuente Propia)
---	---	--

Objetivo 2		
Revisar las posibles tecnologías que puedan mejorar el hormigón proyectado y puedan ser aplicadas al proyecto nuevas bocatamas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.		
No	Actividad	Registro fotográfico
1	Se participo en capacitaciones, ofrecidas por las casas comerciales de aditivos para hormigón como Sika y Toxement, con la temática de tecnologías aplicadas al hormigón proyectado.	 (Autor: Fuente Propia)
2	Se realizan diseños de hormigón proyectado en conjunto con casa comercial Toxement, para definir porcentajes de aditivo reductor de agua y estabilizador, de acuerdo al comportamiento de la mezcla.	 (Autor: Fuente Propia)

3	Se inspeccionan las pruebas de compatibilidad se realizan a los cementos de diferentes casas comerciales con aditivo acelerante de Toxement para definir porcentajes de aditivo y cemento que garantice el cumplimiento de los controles de calidad.	 (Autor: Fuente Propia)
4	Se recopila información de diferentes referencias literarias de ingeniería con la finalidad de identificar que posibles tecnologías pueden ser aplicadas como refuerzo a un hormigón proyectado como revestimiento defectivo.	 (Autor: Fuente Propia)

Objetivo 3 Evaluar qué beneficios y desventajas tiene el hormigón proyectado como revestimiento definitivo en un túnel de acuerdo a sus características.		
No	Actividad	Registro fotográfico
1	Se realiza recopilación de información sobre cuáles son las ventajas y las desventajas de usar hormigón proyectado en comparación a un hormigón simple o reforzado en un revestimiento de un túnel hidráulico.	 (Autor: Fuente Propia)
2	Se analizan las metodologías de proyectado y a partir de esto se identifican los sistemas para la proyección del hormigón de acuerdo a los requerimientos y necesidades para realizar cada tratamiento.	

9. Análisis

Para identificar la factibilidad del hormigón proyectado usado como revestimiento en los túneles del proyecto nuevas bocatoma hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia, lo principal para despejar esta incógnita de si fue o no factible, es necesario comprender que este proyecto tuvo una transición en los diseños en donde inicialmente el revestimiento de los túneles era en hormigón simple, pero por decisiones internas de la compañía dueña de la central hidroeléctrica Chivor, decidieron cambiarlo a un hormigón proyectado reforzado con malla electrosoldada.

Dentro los antecedentes de la investigación se encuentran varios proyectos en los cuales se presentaron problemas cuando utilizaron hormigón proyectado en túneles hidráulicos, se consolida en *tabla 4* los posibles tipos de fallas que se presentan durante la construcción o en operación.

Tipo de falla	Material
Empujes de montaña o squeezing	Roca blanda, suelos
Hinchamiento o swelling	Roca blanda
Estallido de rocas (popping, rock burst y slabbing)	Rocas duras
Desprendimientos del terreno Suelos	túneles superficiales
Cuñas de roca	Roca dura y blanda
Zonas de falla, zonas fracturadas	Roca dura y blanda
Terreno que corre Suelos	Túneles superficiales
Terreno que fluye	Roca blanda, suelos, túneles superficiales
Agresividad	Roca dura
Gases (explosivos y venenosos)	Roca dura y blanda
Subsidencia	Roca blanda, túneles superficiales
Creep	Roca blanda

Tabla 5 Tipo de falla del terreno según el material. (Pachón, 2017)

(Pachón, 2017) en su tesis, conceptualiza cada uno de los tipos de falla relacionados en la *Tabla 4*, se identifica de acuerdo a la geología encontrada los posibles tipos de fallas que se puedan presentar en los túneles del proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia.

- ***Empujes de montaña o Squeezing:*** Este tipo de fallas en un túnel se presenta cuando se distribuyen los esfuerzos alrededor de la excavación y superan la resistencia de la roca, Irrumpiendo el macizo plásticamente dentro del túnel, sin generar fracturas visibles o perder la continuidad y sin un incremento perceptible del contenido de humedad. Se produce una fluencia plástica y dúctil debido a los sobreesfuerzos.

Suele producirse en terrenos en donde es baja la resistencia friccional y donde la cantidad de deformación depende del grado de los sobre esfuerzos, pronunciándose a bajas y medias profundidades en estratos de consistencia muy blanda a media.



Ilustración 27 Falla squeezing en un túnel (DI_Cosas, 2015)

- ***Hinchamiento o Swellin:*** este fenómeno ocurre debido a la absorción de agua que tienen algunas rocas, lo que conlleva a aumentar el volumen hacia el interior de la sección del túnel. Este fenómeno se produce cuando el terreno cuenta con las siguientes características:

- Contenido de minerales expansivos en los estratos.
- Estructura y fábrica de materiales arcillosos.
- Contenido de materiales cementantes.



Ilustración 28 Falla Swellin en un túnel (Marulanda, 2018)

➤ **Estallido de rocas:** este fenómeno ocurre cuando hay desprendimientos repentinos de rocas fracturadas, liberando tensiones. Entre más profundo sea el túnel las condiciones del terreno serán menos favorables, aumentan los esfuerzos que rodean el macizo y falla al exceder la resistencia de la roca. Varía desde un descascaramientos menores o “slabbing” en la superficie de la roca, hasta estallidos o “rockburst” en los cuales ocurre la falla de volúmenes grandes de roca.



Ilustración 29 Estallido de roca (Marulanda, 2018)

- **Creep:** Se produce cuando se aumentan las deformaciones bajo esfuerzos constantes en algunos materiales rocosos. El material puede llegar a la rotura al mantenerse en unas condiciones constantes en el tiempo de carga o deformación.



Ilustración 30 fenómeno Creep (Marulanda, 2018)

De acuerdo a la geología se encuentran dos formaciones predominantes en los túneles y pozos del proyecto, la primera formación es la Farallones (Dcf) compuesta por areniscas, limolitas y lodolitas muy compactas, de coloración gris. La segunda es la Formación Calizas del Guavio (Kicg) compuesta por calizas de coloración gris claro, con intercalaciones de lutitas y limolitas de coloración negras, fosilíferas e intercalaciones de conglomerado con cantos de arenitas, cuarcitas, limolitas y filitas.

Ambas formaciones presentan un alto nivel de fracturación o de meteorización, diaclasamiento y cizallas, que son perjudiciales en la estabilización de los túneles y pozos, debido a que siempre estarán bajo la cota del nivel del embalse permitiendo el efecto de porosidad efectiva secundaria, generando el contacto del agua con los estratos expansivos como lo son las limolitas, lodolitas y lutitas.



Ilustración 31 Agua filtrando por el macizo rocoso (Autor: Fuente Propia)

Al contacto constante del agua con el macizo rocoso, se pueden presentar tipos de falla como Squeezing y Swellin, estos dos tipos de falla que pueden afectar la estabilidad de los túneles o de los pozos tanto en su construcción como en su operación debió a la expansión o al empuje que pueden generar en la sección excavada, es de gran importancia que el tratamiento de soporte y revestimiento estén sobre el factor de seguridad estándar.

El tratamiento de sostenimiento que utilizaron casi en todos los túneles y pozos fue para terreno tipo B o II, se utilizó un espesor de 25 cm de hormigón proyectado reforzado con fibra sintética de 6kg/m³ y pernos de 2.5 metros distribuidos a tres bolillos en toda la sección, de acuerdo con la clasificación recomendada por Bieniawski, el tratamiento que se instalo está por encima del criterio mínimo, esto debido a los estratos de lutitas, a la friabilidad de las areniscas y más la presencia de agua.



Ilustración 32 Instalación de pernos (Autor: Fuente Propia)



Ilustración 33 Hormigón Proyectado para sostenimiento (Autor: Fuente Propia)

Un factor que altera la estabilidad del macizo rocoso es el método de excavación de perforación y voladura, ya que, al ser unos estratos con niveles altos de diaclasas y cizallas, las vibraciones que genera la voladura y la percusión del equipo de perforación pueden causar más discontinuidades que aumenten los caudales de agua a través de roca, una vez realizan la voladura, se procede al desabombe tanto mecánico, como manual, con la finalidad de eliminar cualquier material suelto que pueda desprenderse.



Ilustración 34 Perforación para Voladura con Jumbo (Autor: Fuente Propia)

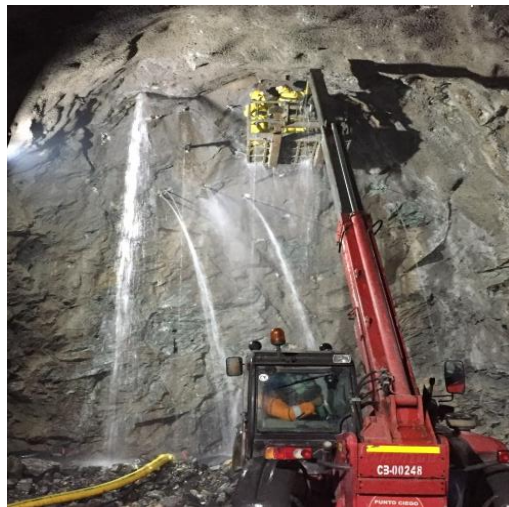


Ilustración 35 Agua de infiltración por barrenos para voladura (Autor: Fuente Propia)

El tratamiento de soporte que se usó en el proyecto, inicia con hormigón proyectado con una capa de 5 cm se denomina primario y la función es llenar las fisuras, adicional proporciona soporte inmediato reduciendo el movimiento relativo de partículas de suelo o bloques de roca y limita las caídas en el terreno expuesto, instalado el primario queda listo para instalación de elementos de soporte que para el proyecto son pernos de 2,5 metros a tres bolillos inyectados con lechada de 28 Mpa y las inyecciones de impermeabilización.



Ilustración 36 hormigón proyectado capa primaria (Autor: Fuente Propia)

Debido a los altos caudales de agua de infiltración que no permitían terminar el tratamiento de soporte, realizaron inyecciones de impermeabilización con lechadas para corte de agua y para el método de inyección GIN, estas inyecciones se realizaron a diferentes profundidades y presiones, garantizando un manto impermeable a través del macizo rocoso, posteriormente a la inyección se realizan perforaciones para drenajes.



Ilustración 37 Sistema de inyección de impermeabilización (Autor: Fuente Propia)

Las inyecciones disminuyen un promedio de 80% el caudal de agua de infiltración en el frente, pero no quiere decir que el agua se desapareciera, lo que hicieron fue desplazarla o retenerla en la longitud de las inyecciones creando un manto impermeabilizante, de esta manera impidiendo que los estratos expansivos continúen en contacto con el agua y la lechada llenara todas las discontinuidades que permitían el paso del agua.



Ilustración 38 Frente posteriormente a la inyección (Autor: Fuente Propia)

Controlado las infiltraciones por medio de inyecciones de lechadas por el método GIN, continua la proyección de la capa secundaria de hormigón, con una adición de 6 kg/m³ de fibra sintética con la finalidad de darle soporte a la sección de excavación y permitiendo que las propiedades del autosoporte del terreno se desarrollen y se redistribuyan los esfuerzos entre el terreno y el soporte, esta capa se debe aplicar en capas de 5 cm hasta completar los 20 cm de espesor faltante para finalizar el tratamiento.

El revestimiento se basó para el proyecto en hormigón proyectado reforzado con malla electrosoldada, la capa de hormigón proyectado es de 15 cm de espesor y una resistencia de 28 Mpa, más doble tendido de malla de 6mm, con una solera de hormigón reforzado con fibra sintética y una resistencia de 28 Mpa.

De acuerdo a la literatura general el revestimiento en hormigón proyectado en un túnel hidráulico se debe seleccionar de forma que se cumpla con estos requisitos:

- Tener una sección interna en el túnel que permita transmitir la fuerza axial y disminuya el momento flector.
- El revestimiento se define de acuerdo al comportamiento del terreno, la capacidad estructural, el método de construcción y la vida útil esperada del proyecto.

Hormigón proyectado puede ser usado como tratamiento de revestimiento definitivo, solo cuando los túneles son relativamente cortos y de sección ancha, la longitud debe estar entre 150 a 250 metros y el ancho de la sección debe estar entre 8 a 11 metros, o cuando se presenten condiciones de difícil acceso o también en los casos en que se tiene una geometría del túnel compleja, intersección de túneles, bifurcaciones, etc. (Pachón, 2017)

En los túneles del proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia, para poder utilizar el hormigón proyectado como revestimiento debieron ampliar la sección en el cambio de diseño de circular a en herradura, cambiando el ancho de la sección de 6.22 metros a 8,50 metros para los tramos a flujo libre, para los tramos a presión se mantuvo la sección circular pero revestida en chapa de acero embebida en hormigón reforzado con resistencia de 28 Mpa.

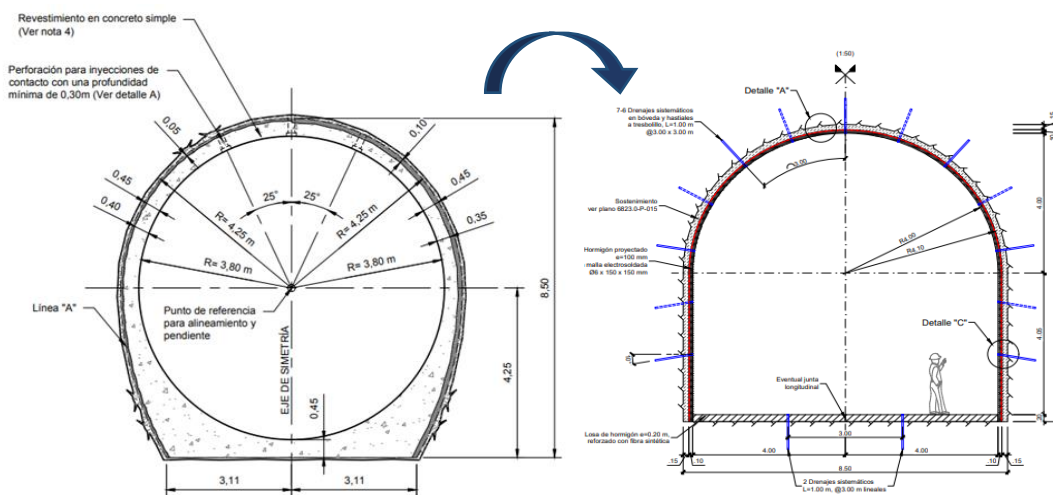


Ilustración 39 Cambio de sección en túneles (Autor: Fuente Propia)

El refuerzo revestimiento se instaló la malla electrosoldada en toda la sección del túnel generando de esta manera uniformidad, mejores traslapes y una mejor instalación debido a que la malla debe calcar la superficie del tratamiento de soporte y a si no generar oquedades durante la proyección.



Ilustración 40 Instalación de malla electrosoldada (Autor: Fuente Propia)

Completado el refuerzo, se proyectan capas de 5 cm de hormigón hasta dejar cubierta el primer tendido de malla, se instala un segundo tendido de malla para completar posteriormente el revestimiento con capas de 5 cm hasta completar los 15 cm del espesor o cubrir la malla en toda la sección del túnel.



Ilustración 41 Hormigón proyectado de revestimiento (Autor: Fuente Propia)

Finalizado el tratamiento revestimiento, el proceso constructivo final es realizar la protección de la sección inferior del túnel, se hizo en dos etapas, la primera se homogeniza la

superficie de la roca con un hormigón de baja resistencia en este caso se usó hormigón de 14 Mpa, la segunda es la solera que corresponde a una losa que será la que tendrá el contacto directo con el agua y posible material de arrastre se utilizó hormigón de 28 Mpa reforzada con 4 kg/m³ de fibra sintética.

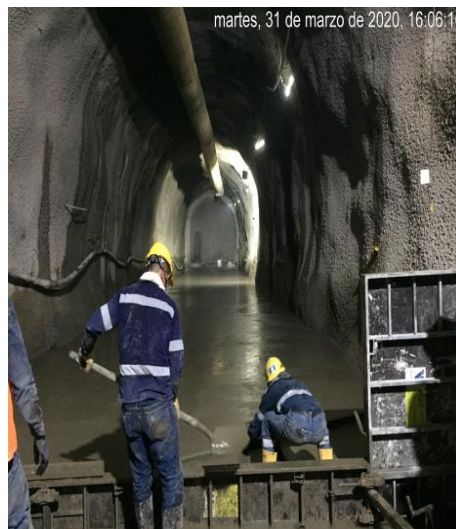


Ilustración 42 hormigonado de solera (Autor: Fuente Propia)

Las tecnologías que mejoran la calidad del hormigón proyectado y fueron aplicadas al proyecto, reflejándose en el diseño mezcla del hormigón proyectado corrigiendo algunas falencias que genera la proyección a continuación, se relacionan:

- La relación agua cemento debe estar en el rango de 0,39% a 0,45%.
- Se utilizó aditivo Plastol 4300 de Toxement que cumple la función de reductor de agua y plastificante, dando la manejabilidad al hormigón que pierde al tener una relación agua cemento tan baja.
- Se utilizó aditivo Euco Estabilizador 1000 de Toxement que cumple la función de extender el tiempo de manejabilidad del hormigón entre 2 a 4 horas de acuerdo a la dosificación, para garantizar que durante la proyección el hormigón conserve las mismas características durante todo el proceso.

- Metacaolín su dosificación fue del 12 % en relación al peso del cemento, su tamaño es de entre 50 a 150 nm, al tener un tamaño tan pequeño produce un efecto de “packing” lo que quiere decir relleno de oquedades, mejorando hormigón en su estructura física y se genera una reacción puzolánica, con los siguientes efectos físicos:
- Aumenta la resistencia a edades tempranas, pero no la rigidez.
 - Baja la porosidad.
 - Reduce la permeabilidad.

La mezcla para el hormigón proyectado para el proyecto fue diseñada bajo parámetros de la norma internacional EFNARC, llevando el control de calidad en obra desde su mezclado hasta su proyección en Situ, en la siguiente tabla se relaciona las cantidades:

Lanzado de 28 MPa	Cemento	Metacaolín	Arena	Grava 1/2"	Agua	(0,55%) Plastificante	(0,5%) Estabilizador	Asentamiento + o -1"	Relación A/C
	480	70	1250	400	215	3.0	2.8	9	0.39

Tabla 6 Diseño de Mezcla hormigón proyectado (Autor: Fuente Propia)

Para lograr llegar a este diseño fue necesario realizar un sin número de diseños de prueba con diferentes dosificaciones y proporciones, los cuales deberían cumplir con lo especificado en la norma, en la *Ilustración 42* una serie de pruebas de asentamiento probando la dosificación del Plastol 4300.



Ilustración 43 Pruebas de Asentamientos (Autor: Fuente Propia)

Los diseños iniciales se realizaron a pequeña escala en el laboratorio, con la finalidad de probar todos los posibles errores que se podrían presentar a una escala industrial en la planta de hormigón.



Ilustración 44 Diseños menor escala en laboratorio (Autor: Fuente Propia)

Se establecieron algunas dosificaciones a partir de los diseños a menor escala, para realizar diseños a nivel industrial desde la planta de hormigón y proyectado directamente en el frente de obra, con la finalidad de tener valores a partir de los parámetros que se cuentan con los equipos en obra.



Ilustración 45 Pruebas a nivel industrial de hormigón proyectado (Autor: Fuente Propia)

Una vez establecido el diseño de mezcla para el hormigón proyectado se establece para su producción industrial y se realizan pruebas de compatibilidad entre el cemento y el aditivo acelerante para el proyecto el distribuidor es Toxement y el aditivo que mejor arrojó resultados

es EucoShot AF 760, entre el 6% y el 9% cumpliendo con especificado para el tiempo máximo del fraguado inicial y final que deben estar entre 3 y 12 minutos, la resistencia a la compresión de estar entre 3,5 MPa y 7 Mpa a las 8 horas y a los 28 días debe tener como mínimo 70% en comparación de una mezcla con acelerante a una mezcla sin acelerante.



Ilustración 46 Pruebas de compatibilidad cemento con aditivo acelerante (Autor: Fuente Propia)

Se realizó un seguimiento en los equipos para la proyección de hormigón, verificando la dosificación correcta al aditivo acelerante, que debe estar entre el 6% y 9% para no generar una dosificación excesiva, debido a que si se adiciona una mayor cantidad de aditivo al hormigón puede generar una disminución en la resistencia.

El proceso de hormigón proyectado en el proyecto, tuvo beneficios económicos y técnicos para la constructora, pero desventajas para el proyecto porque de revestimiento tiene una vida útil menor en comparación al hormigón convencional, por cual estará sometido a mantenimientos y reparaciones regularmente.

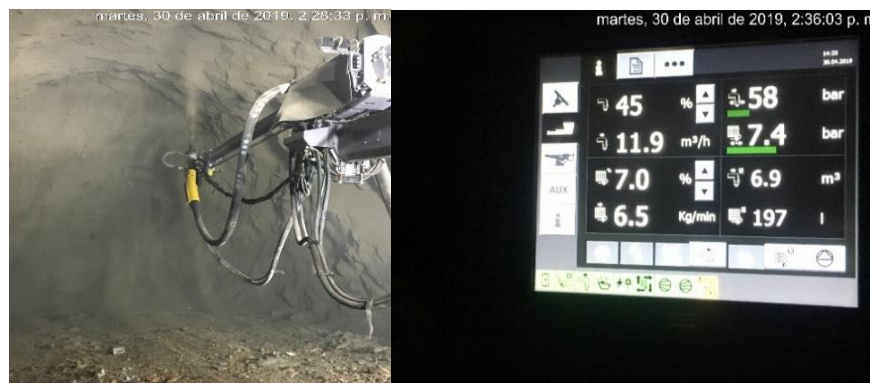


Ilustración 47 Inspección de equipos de lavado de dosificación de acelerante (Autor: Fuente Propia)

10. Conclusiones

Podemos concluir a partir de los resultados y antecedentes dentro de la investigación que:

- En Colombia el revestimiento en hormigón proyectado de un túnel hidráulico de acuerdo a los antecedentes presenta resultados no tan satisfactorios en cuanto su estructura física, cuando el estado de operación es mayor a 5 años.
- El hormigón proyectado puede ser utilizado como revestimiento definitivo en los túneles del proyecto nuevas bocatomas hidroeléctrica Chivor – Boyacá Colombia debido a que son relativamente cortos y en los cambios de diseños ampliaron la sección dejándola más ancha logrando una mayor área de disipación de energía.
- Se consolida toda la información relevante en un procedimiento técnico constructivo, para el hormigón proyectado a nivel de Sacyr Colombia, ver anexo 5.
- El hormigón proyectado tiene una menor vida útil que un hormigón convencional en túneles hidráulicos, debido a la superficie irregular, permitiendo que la energía cinética genere fricción en las paredes del túnel con el agua.
- Para que el sistema revestimiento con hormigón proyectado presente una mayor vida útil, se debe garantizar que el tratamiento de sostenimiento tenga un mayor grado de seguridad y cumplir con todos los requerimientos.
- Las tecnologías en el hormigón proyectado son indispensables en cuanto a la calidad del mismo, ya que se cuentan con una infinidad de aditivos y refuerzos que logran mejorar en gran parte las condiciones físicas del hormigón.

- Es relevante en cuanto a la calidad del hormigón proyectado contar con equipos idóneos que estén en buenas condiciones, porque de esto dependerá el rendimiento y la calidad del mismo.
- La proyección por vía humedad, es el más adecuado para este tipo de proyectos, mejora los acabados, control de los parámetros requeridos desde un panel de operación del equipo.
- El método de avance de perforación y voladura aumenta significativamente las discontinuidades en la roca permitiendo el paso a mayores caudales de agua, los cual es necesario realizar tratamientos de impermeabilización antes de comenzar con el revestimiento.
- El revestimiento de un túnel se considera un elemento estructural por lo cual es indispensable que vaya reforzado con malla electrosoldada o con fibras, dependiendo de la necesidad estas pueden ser metálicas o sintéticas.

11. Recomendaciones

- Por medio de la visita y la experiencia en campo es recomendable realizar un tratamiento de impermeabilización con inyecciones de lechada, si hay la presencia de agua de infiltración o estratos expansivos para evitar que se puedan generar fallos en la sección del túnel.
- Lo más recomendable de acuerdo al trabajo de campo un túnel hidráulico, debe llevar revestimiento definitivo en hormigón convencional, debido a que la vida útil se triplicaría en relación a un hormigón proyectado y los costos de mantenimiento es menores.
- De acuerdo a la experiencia que se obtuvo en el proyecto investigación y a los antecedentes a nivel nacional, se puede recomendar los siguientes beneficios que tiene al utilizar el hormigón proyectado:
 - Se puede proyectar sobre superficies irregulares o lisas.
 - En relación al espesor de capa dependerá que tan flexible sea.
 - Se puede proyectar a cualquier altura o lugar, debido a su adherencia y capacidad de autosoporte.
 - Se adhiere fácilmente a la roca.
 - Utiliza refuerzos como las mallas o fibras y también puede ser mixto.
 - Es un revestimiento de rápida capacidad para soportar cargas.
 - No requiere formaleas o tiempos de espera prolongados para que inicie el fraguado del hormigón.
 - El hormigón proyectado en su primera capa se considera como soporte temporal.

- Lograr considerar ahorrar entre un 20 y 40% con respecto al sistema de revestimiento con hormigón convencional.
- Menor cantidad de personal involucrados en el proceso.
- Antes de definir el hormigón proyectado como revestimiento definitivo se recomienda tener en cuenta las siguientes desventajas:
 - Desperdicio por rebote.
 - Acabados irregulares.
 - Secciones irregulares de acuerdo a la excavación.
 - Menor vida Útil en túneles hidráulicos.
 - Alto niveles de permeabilidad
 - Mantenimiento en tiempos más cortos en comparación a un hormigón convencional.

12. Referencias

1. (INVIAS), I. N. (02 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://bit.ly/3vYmxUh>
2. AES Chivor. (Septiembre de 2011). Obtenido de <https://bit.ly/3LmE6Bz>
3. AMAYA, F. A. (Octubre de 2016). *usta.edu.co*. Obtenido de <https://bit.ly/394H8gl>
4. BARREDA GONZALES, R. (2014) Obtenido de <https://bit.ly/3weuu6H>
5. Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres - CMGRD . (Agosto de 2015). Obtenido de <https://bit.ly/3M2gwvo>
6. *2warc.org*. Obtenido de <https://efnarc.org/publications-after-form>
7. Filamos S.R.L. (2022). *Filamos – maquinaria de construcción y minería*. Obtenido de <https://www.filamos.es/historia/>
8. Franco, F. D. (09 de Abril de 2012). Obtenido de <https://macanal1.blogspot.com/>
9. Geotuneles S.A.S. (2010). *Noticreto 140*, 7. Obtenido de <https://bit.ly/3MhclvJ>
10. Gobernación de Boyaca . (3 de Agosto de 2015). Obtenido de <https://bit.ly/3wFO3ox>
11. HERNÁNDEZ DÍAZ, F. (Enero de 2017). Obtenido de <https://bit.ly/3NhN5W6>
12. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (21 de Febrero de 2019). Obtenido de <https://bit.ly/3sPYPYd>
13. LAZA, L. V. (30 de Diciembre de 2020). Obtenido de <https://bit.ly/3lsuA5w>
14. LIDIA, U. R. (Febrero de 2016). Obtenido de <https://bit.ly/3sNccIP>
15. MAG . (22 de Septiembre de 2017). Obtenido de <https://bit.ly/3PBBZNS>
16. Marulanda, C. (08 de Noviembre de 2014) Obtenido de <https://bit.ly/3lt7uM3>
17. Pachón, J. P. (04 de Agosto de 2017) Obtenido de <https://bit.ly/3afsLGT>
18. PINEDA, P. F. (2016). *PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA TÚNELES VIALES DESARROLLADOS EN COLOMBIA*. Obtenido de <https://bit.ly/3sEGX2x>

19. Quispe, K. S., Dianderas, J. Q., & Abregu, D. A. (2015). Obtenido de <https://bit.ly/3Png5xF>
20. REED. (s.f.). Obtenido de <https://bit.ly/3Mcl0zv>
21. Silva, E. (23 de Octubre de 2015). Obtenido de <https://bit.ly/38qEtho>
22. VARGAS, J. A. (Diciembre de 2011). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*. Obtenido de <https://bit.ly/3NijfAQ>

13. Anexos

Anexo 1 Cronograma de Activadas

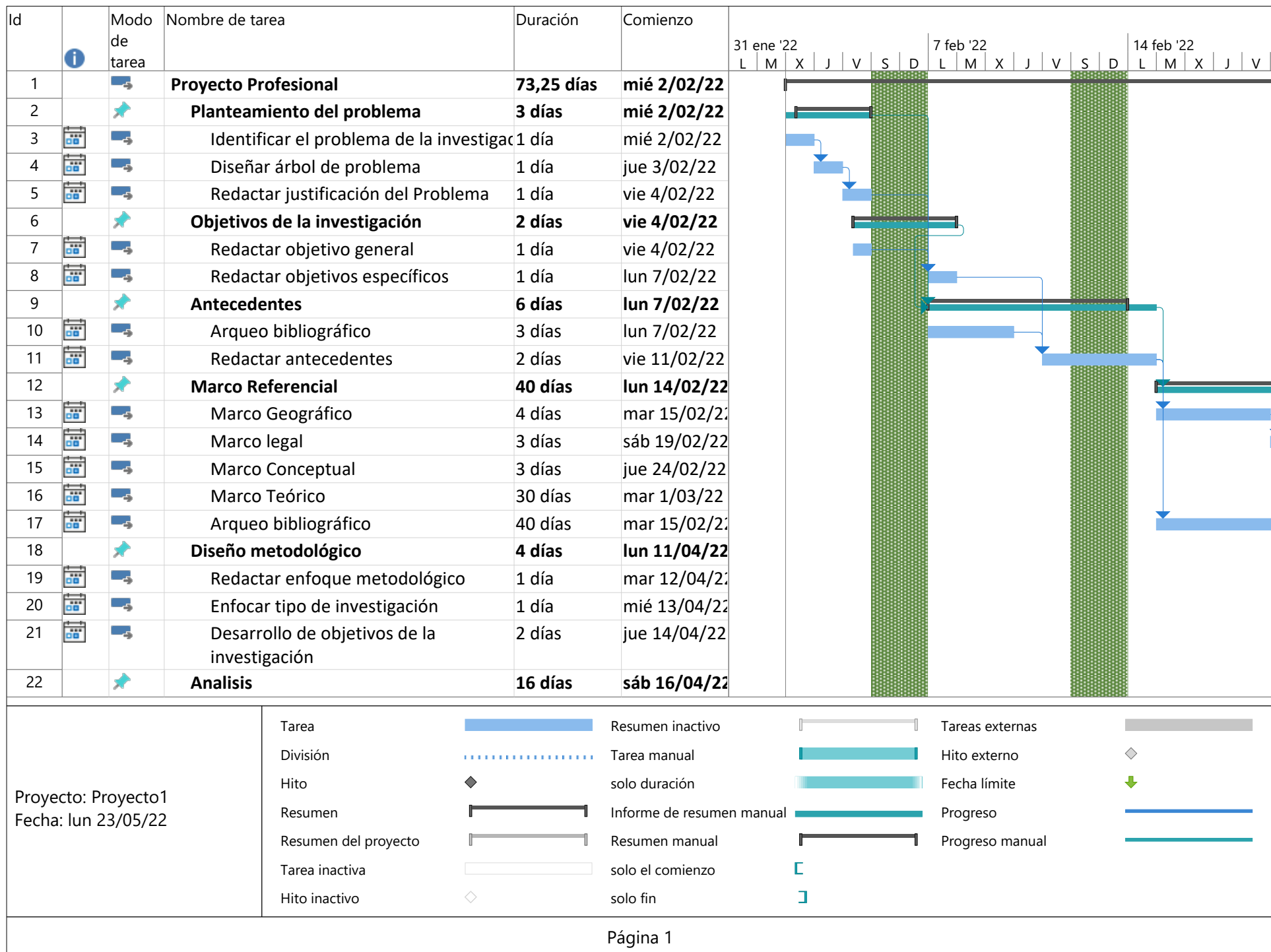
Anexo 2 Ficha técnica EucoShot AF 750

Anexo 3 Ficha técnica Plastol 4300

Anexo 4 Ficha Técnica Euco Estabilizador 1000

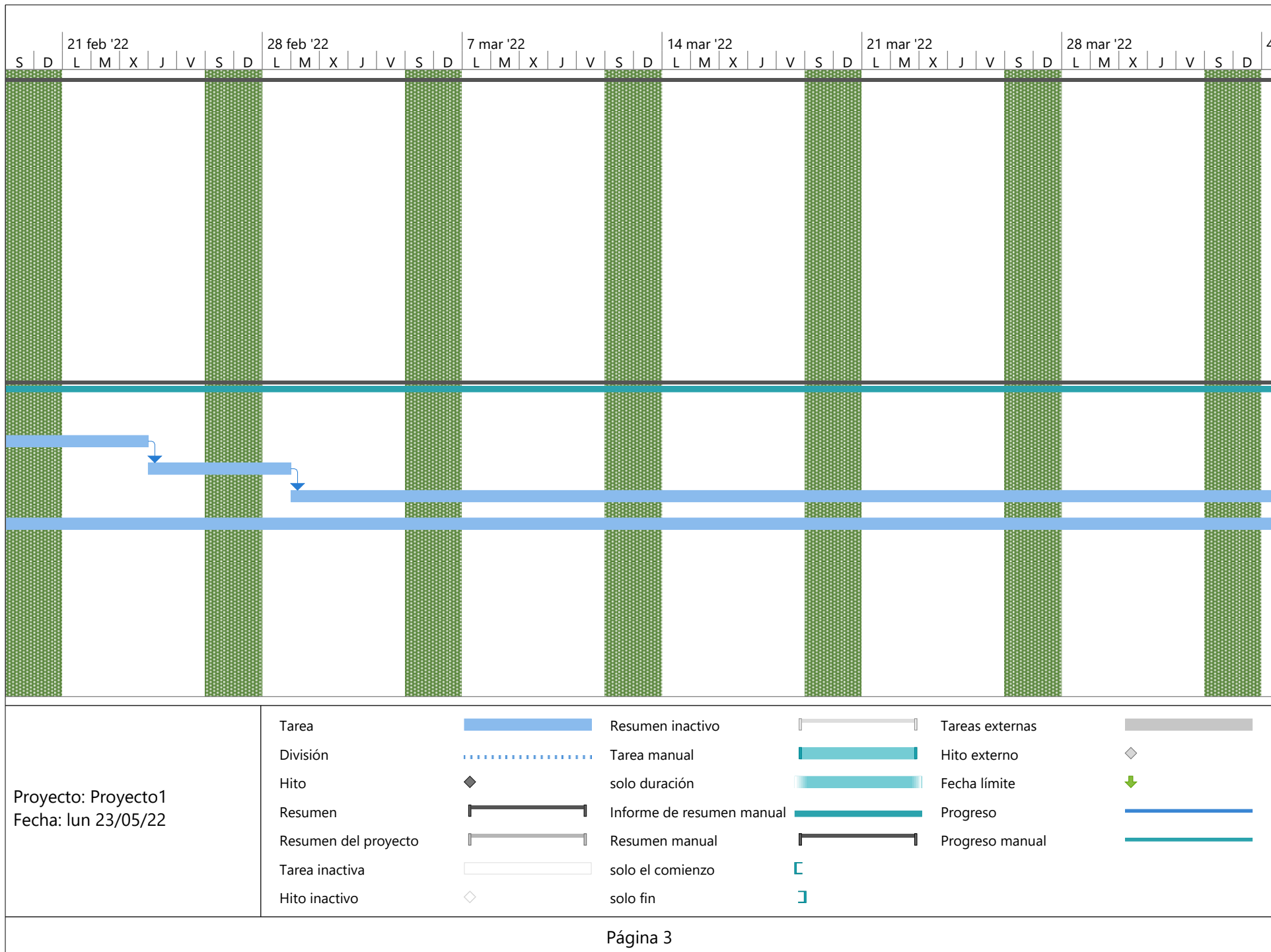
Anexo 5 procedimiento hormigón proyectado

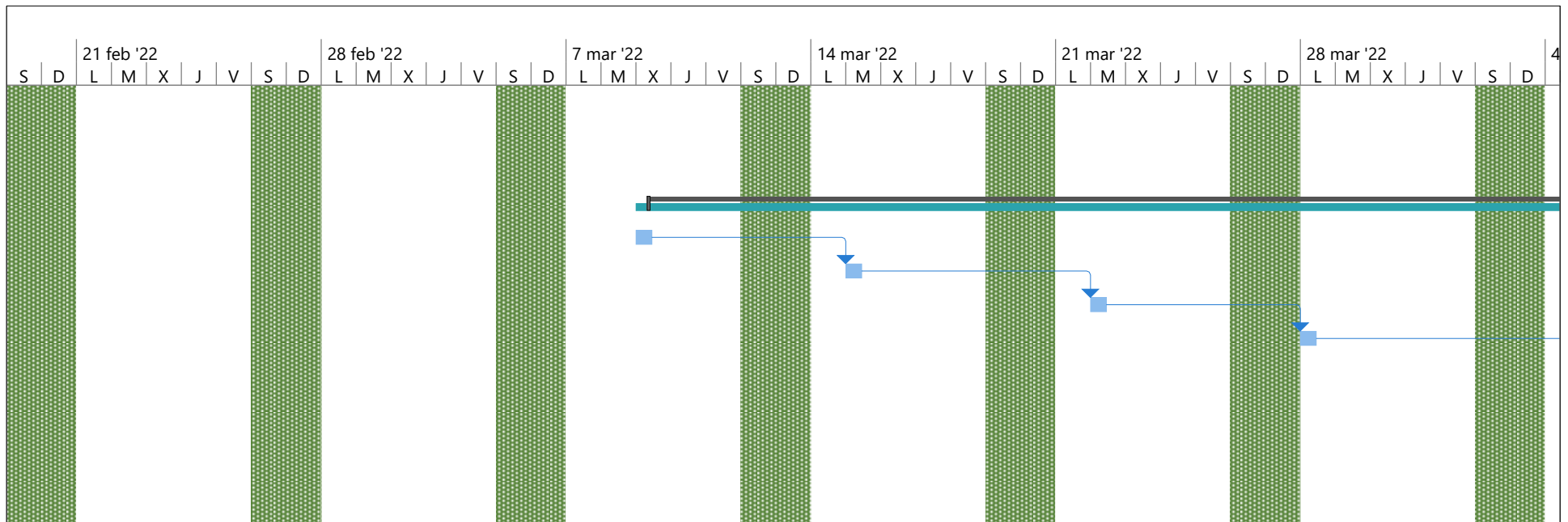
Anexo 6 Ficha Técnica Metacaolín

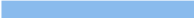
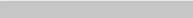


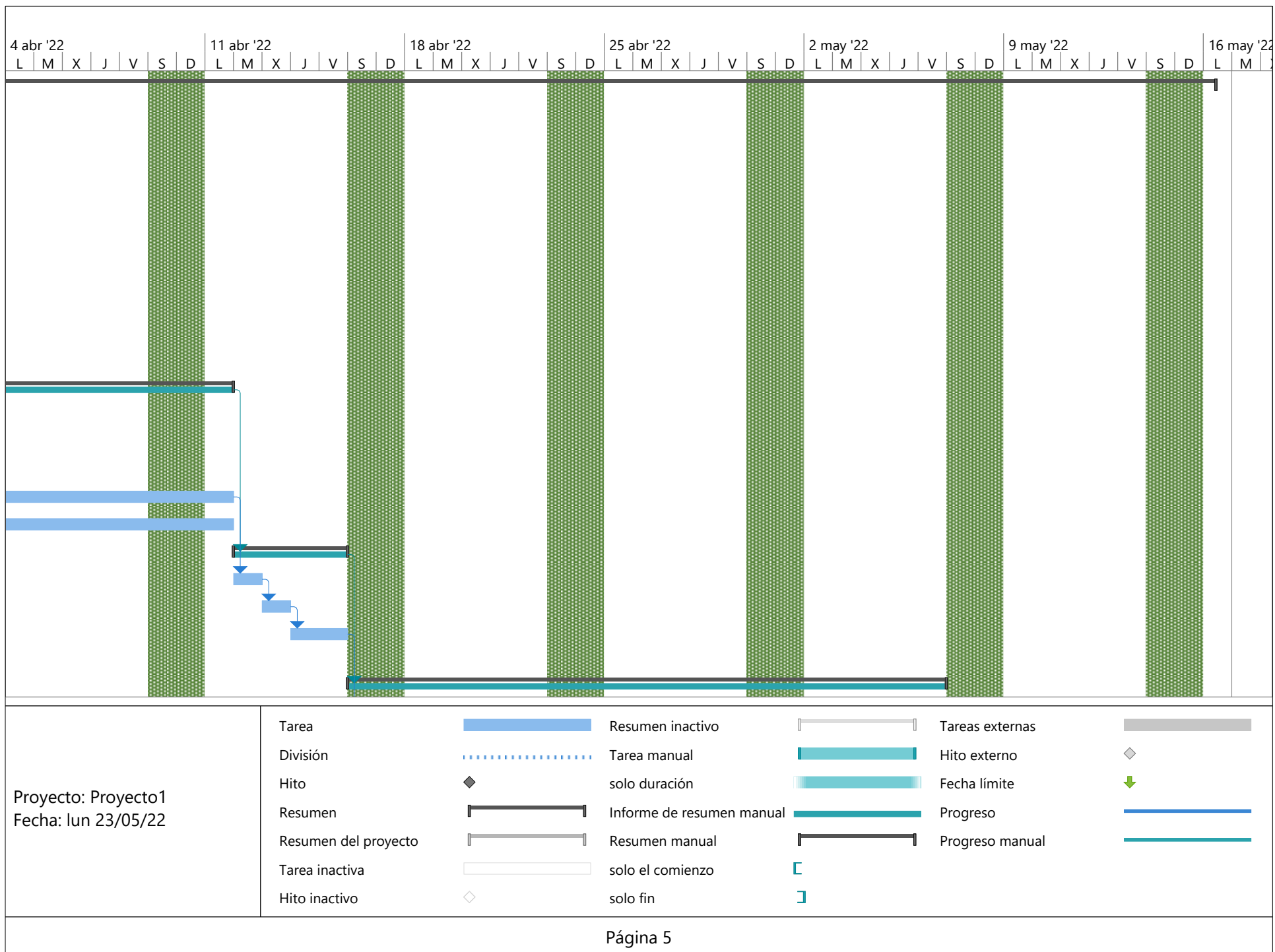
Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	31 ene '22							7 feb '22							14 feb '22											
						L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V							
23			Registro fotografico	5 días	sáb 16/04/22																										
24			Redactar Analisis	10 días	sáb 23/04/22																										
25			Conclusiones y Recomendaciones	4 días	sáb 7/05/22																										
26			Asesorias	40 días	mié 9/03/22																										
27			Asesorias No 1	0,25 días	mié 9/03/22																										
28			Asesorias No 2	0,25 días	mar 15/03/22																										
29			Asesorias No 3	0,25 días	mar 22/03/22																										
30			Asesorias No 4	0,25 días	lun 28/03/22																										
31			Asesorias No 5	0,25 días	jue 7/04/22																										
32			Asesorias No 6	0,25 días	lun 18/04/22																										
33			Asesorias No 7	0,25 días	jue 28/04/22																										
34			Asesorias No 8	0,25 días	mar 3/05/22																										
35			Entrega primer borrador	0,25 días	lun 16/05/22																										

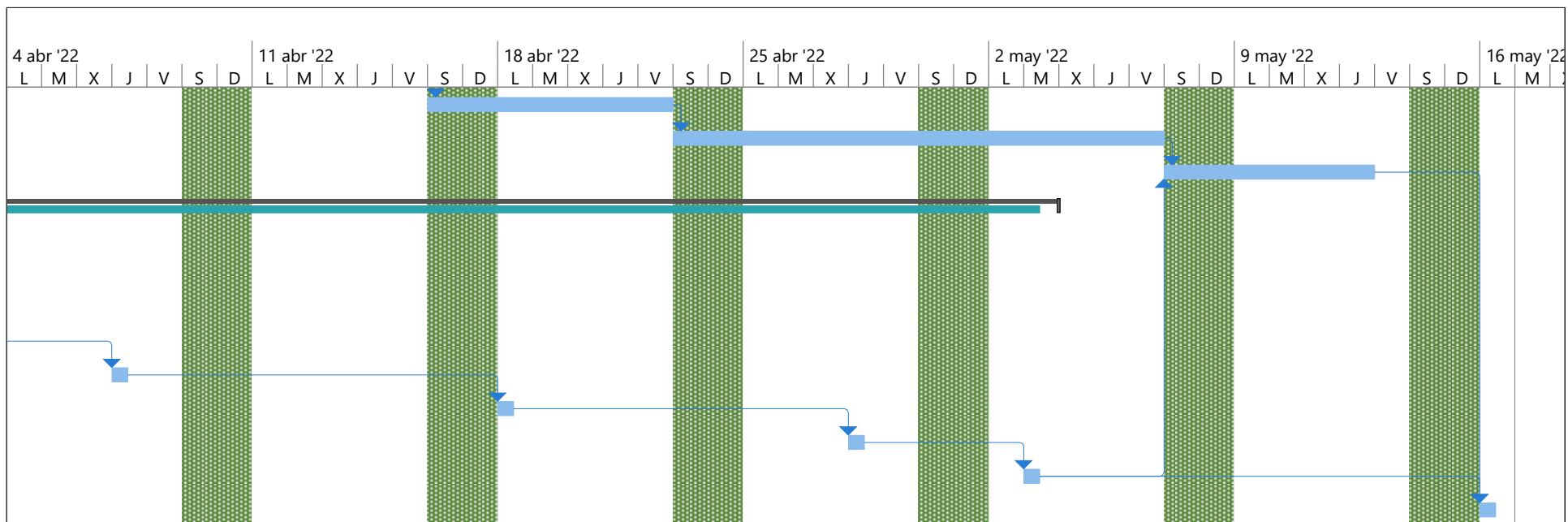
Proyecto: Proyecto1 Fecha: lun 23/05/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			





Proyecto: Proyecto1 Fecha: lun 23/05/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			





Proyecto: Proyecto1 Fecha: lun 23/05/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

EUCOSHOT AF 750

Aditivo acelerante líquido libre de álcalis para concreto y mortero

Descripción

EUCOSHOT AF 750 es un aditivo acelerante líquido de alto rendimiento especialmente diseñado para proporcionar altas especificaciones al concreto lanzado vía húmeda.

EUCOSHOT AF 750 se puede ajustar para proporcionar las características óptimas en los diferentes entornos donde se necesite este tipo de concretos, reduciendo los tiempos de fraguado y acelerando el desarrollo de las resistencias mecánicas a edades tempranas.

EUCOSHOT AF 750 es un aditivo libre de cloruros y silicatos en su composición.

Información Técnica

Apariencia : Líquido de alta viscosidad

Color : Beige

Densidad : 1.45 kg/l +/- 0.03 kg/l

Usos

EUCOSHOT AF 750 es recomendado para concreto o mortero lanzado por vía húmeda, en donde se requieran resistencias iniciales y finales elevadas en:

- Sostenimiento y recubrimiento en túneles viales y minería subterránea.
- Sostenimiento y estabilización de taludes.
- Construcción de canales, piscinas y estanques.
- En la ejecución de bóvedas y losas en edificaciones.
- Reparación de concreto deteriorado.
- En toda aplicación donde se requiere concreto o mortero lanzado.

Ventajas

- Permite aplicaciones horizontales en espesores altos en una sola aplicación.
- Altas resistencias iniciales y aceleración de fraguado.
- Mayor cohesión.
- Bajo porcentaje de rebote.
- Mínima segregación de la mezcla.
- Mezcla más impermeable.
- Buena tixotropía.
- Para uso a bajas temperaturas, consulte con el Departamento Técnico de EUCLID CHEMICAL TOXEMENT.
- Por ser un producto libre de álcalis reduce las precauciones de manipulación requeridas con productos alcalinos, lo cual lo hace medioambientalmente más favorable.

Dosificación

EUCOSHOT AF 750 se recomienda en dosis del 3% al 10% del peso del cemento utilizado, haciendo previamente ensayos de compatibilidad. También se recomienda la utilización de cemento fresco para garantizar el mejor desempeño del aditivo.

Dado que la dosis del aditivo depende de las características de los materiales que se usen en el diseño, así como de la temperatura y humedad relativa del medio ambiente, recomendamos consultar con el Departamento Técnico de EUCLID CHEMICAL TOXEMENT, para efectuar las mezclas previas necesarias y determinar la dosificación óptima en función de sus materiales.

OFICINA PRINCIPAL:

Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87

WWW.TOXEMENT.COM.CO



**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

ADITIVOS

EUCOSHOT AF 750

TX40T804

EUCOSHOT AF 750

Aditivo acelerante líquido libre de álcalis para concreto y mortero

ADITIVOS

EUCOSHOT AF 750

TX40T804

Aplicación

Previo a la dosificación del aditivo se debe agitar el producto para homogeneizarlo debido a que por la naturaleza de estos aditivos, tienden a sedimentarse cuando se encuentran en reposo por un tiempo prolongado.

Para garantizar una buena adherencia se recomienda que la superficie esté húmeda y libre de polvo y partículas sueltas.

Para evitar que el **EUCOSHOT AF 750** reaccione con la mezcla antes que ésta sea colocada, se recomienda su incorporación en la boquilla de inyección.

Recomendaciones Especiales

- Utilizar cemento fresco para garantizar mejor desempeño del material.
- Cuando utilice **EUCOSHOT AF 750** en lanzado de concreto vía húmeda es recomendable trabajar con una relación agua : cemento menor a 0.45; haciendo ajuste por humedad de los agregados.
- Para obtener un buen lanzado se recomienda mantener un flujo de concreto constante, continuo, uniforme y asegurar una dosificación constante del aditivo.
- Espesores mayores a 10 cm generan incrementos en los requerimientos de acelerantes.
- Las resistencias dependerán de la relación agua : cemento y la dosis de acelerante usada.
- Una sobredosis de acelerante puede conducir a la disminución de la resistencia final. Se debe controlar que la dosis no supere el 10%.
- Se recomienda no mezclar con otros aditivos acelerantes.
- Cuando el producto ha sido almacenado se debe agitar antes de su aplicación.
- Para uso en condiciones extremas de temperatura consulte con el Departamento Técnico de EUCLID CHEMICAL TOXEMENT.
- En todos los casos consultar la Ficha de Datos de Seguridad del Producto antes de su uso.

Manejo y Almacenamiento

EUCOSHOT AF 750 debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y en áreas ventiladas con temperatura entre 5°C y 35°C.

Recircular mecánicamente el producto antes de usarlo y de forma periódica cuando se almacene por periodos extendidos.

Vida útil en almacenamiento:

- 6 meses en condiciones óptimas de almacenamiento.

Presentación

Tambor: 250 kg.
Granel

Las Hojas Técnicas de los productos EUCLID CHEMICAL TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los sustratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. EUCLID CHEMICAL TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Febrero 24 de 2021

OFICINA PRINCIPAL:

Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87

WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT

PLASTOL 4300

Aditivo reductor de agua de alto rango

ADITIVOS

PLASTOL 4300

TX40T843

Descripción

PLASTOL 4300 es un aditivo reductor de agua de alto rango, diseñado con policarboxilato de alta concentración y de última generación, que combinan el poder de la reducción y el efecto de mejor trabajabilidad en el tiempo, bajo condiciones de bajas relaciones agua : cemento.

Adicionalmente mantiene las características propias de los policarboxilatos, altas resistencias a la compresión y flexión a todas las edades. También brinda alta estabilidad en la matriz de las mezclas de alta fluidez, evitando fenómenos que se pueden presentar como el de la segregación.

PLASTOL 4300 no contiene cloruros u otros materiales con potencial de oxidación.

PLASTOL 4300 cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-494 Tipo A y F, ASTM C-1017 Tipo I Especificaciones de aditivos químicos usados en la fabricación de concreto fluido.

Información Técnica

Apariencia : Líquido de baja viscosidad.

Color : Ambar

Densidad : 1.05 kg/l +/- 0.02 kg/l.

Usos

PLASTOL 4300 es especialmente recomendado cuando se requiere:

- Lechadas de inyección.
- Concreto con relación agua : material cementante bajo.
- Concretos con agregados que generan mezclas ásperas y poco cohesivas.
- Concretos para estructuras hidráulicas, enterradas o en contacto permanente con agua.
- Concretos bombeables.
- Para lograr plasticidad en concretos para lanzado vía húmeda.
- En procesos constructivos como formaletas deslizantes en donde se requiere alta manejabilidad y excelentes acabados.
- En general para todos los propósitos de un concreto premezclado.
- Concreto de alto desempeño.
- Concretos autoconsolidables.

Ventajas

- **PLASTOL 4300** es un producto de alta concentración, por eso puede ser usado a baja dosificación y se puede obtener reducción de agua del orden del 5% al 25%.
- Se pueden obtener concretos de alto asentamiento y tiempo de manejabilidad.
- Facilita la colocación del concreto en sitio, ya que reduce o elimina la dosificación en obra de reductores de alto rango.
- Ideal cuando se emplean arenas de módulo de finura altos, o que tengan problemas de calidad.
- Los concretos fabricados con **PLASTOL 4300** tienen alta cohesividad, baja exudación y no presentan segregación.
- Otorga a las mezclas excelentes resistencias mecánicas.

OFICINA PRINCIPAL:

Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87

WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT

PLASTOL 4300

Aditivo reductor de agua de alto rango

ADITIVOS

PLASTOL 4300

TX40T843

Dosificación

PLASTOL 4300 se dosifica de 0.2% al 1.2% del peso del cemento, es decir, de 190 ml a 1143 ml por cada 100 kg de cemento, según la reducción de agua requerida.

Dado que la dosis del aditivo depende de las características de los materiales que se usen en el diseño, así como de la temperatura y humedad relativa del medio ambiente, recomendamos consultar con el Departamento Técnico de EUCLID CHEMICAL TOXEMENT, para efectuar las mezclas previas necesarias y determinar la dosificación óptima en función de sus materiales.

Aplicación

PLASTOL 4300 debe ser adicionado preferiblemente al agua de amasado o al concreto antes de la colocación, no debe ser colocado al cemento seco o sobre otros aditivos hasta que éstos estén completamente incorporados en la mezcla.

Para incrementar el asentamiento se adiciona a una mezcla de consistencia normal para obtener una mezcla con características de concreto bombeable. Para cualquiera de las anteriores aplicaciones es fundamental que el tiempo de mezclado una vez se adiciona el aditivo sea como mínimo de 5 a 10 minutos, esto con el fin de permitir que el aditivo se incorpore adecuadamente a la mezcla de concreto.

PLASTOL 4300 puede ser dosificado con equipo automático para garantizar uniformidad en el trabajo.

Recomendaciones Especiales

- Se deben realizar pruebas de comportamiento y compatibilidad con el cemento y con los materiales a utilizar haciendo concretos a nivel de laboratorio, de esta manera se establecen dosis y comportamiento esperado, las dosis establecidas en esta Hoja Técnica son una guía.
- No es compatible con aditivos base naftenosulfonato.
- No adicione simultáneamente con otros aditivos.
- Para la homologación de este producto en laboratorio consulte con el Departamento Técnico de EUCLID CHEMICAL TOXEMENT.
- Si se va a utilizar con aditivos incorporadores de aire, se deben realizar ensayos previos para establecer la dosis óptima.
- En todos los casos consultar la Ficha de Datos de Seguridad del Producto antes de su uso.

Manejo y Almacenamiento

PLASTOL 4300 debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado, en áreas ventiladas con temperaturas entre 5°C y 35°C.

Vida útil en almacenamiento:

- 1 año en condiciones óptimas de almacenamiento.
- 6 meses a granel en condiciones óptimas de almacenamiento.

Presentación

Garrafa : 20 kg
Tambor : 220 kg
Granel

PLASTOL 4300

Aditivo reductor de agua de alto rango

Las Hojas Técnicas de los productos EUCLID CHEMICAL TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. EUCLID CHEMICAL TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Octubre 21 de 2020

ADITIVOS

PLASTOL 4300

TX40T843

OFICINA PRINCIPAL:

Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87

WWW.TOXEMENT.COM.CO



**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

EUCO ESTABILIZADOR 1000

Aditivo estabilizador para cemento

ADITIVOS

EUCO ESTABILIZADOR 1000

TX40T640

Descripción

EUCO ESTABILIZADOR 1000 es un aditivo líquido para concreto que inhibe temporalmente la hidratación del cemento.

De acuerdo con su aplicación, **EUCO ESTABILIZADOR 1000** puede utilizarse como parte de un sistema de aditivos para prolongar el tiempo de trabajabilidad de mezclas de concreto que requieran un control en la permanencia de la fluidez.

Otra aplicación de **EUCO ESTABILIZADOR 1000** es la estabilización de la hidratación del cemento para optimizar el uso del agua en la producción de concreto en plantas premezcladoras y promover las prácticas sustentables en la industria de la construcción.

EUCO ESTABILIZADOR 1000 no es corrosivo y su formulación no incluye ingredientes base cloruros.

EUCO ESTABILIZADOR 1000 cumple con la norma ASTM C-494 Tipo S.

Información Técnica

Apariencia : Líquido de baja viscosidad de color café.

Densidad : 1.07 kg/l +/- 0.02 kg/l

Usos

- Concreto lanzado.
- Elementos prefabricados densamente armados, los cuales requieren un tiempo de permanencia de fluidez determinado para asegurar su adecuada colocación continua.
- Pilotes realizados en sitio que requieren concreto con un tiempo determinado de fluidez.
- Estructuras de concreto con requerimientos de alta resistencia mecánica inicial, cuya trabajabilidad deba ser controlada.
- Transporte de concreto a lugares lejanos a la planta productora.
- Promueve el uso racional de los materiales para la producción del concreto.

Ventajas

- Facilidad para colocar concreto en estructuras monolíticas.
- Control de la fluidez del concreto y del tiempo de fraguado.
- Optimización del uso de los recursos para la producción de concreto.

Dosificación

EUCO ESTABILIZADOR 1000, se utiliza típicamente en un rango de dosificación de 0,1% a 1,2% del peso del cemento, esta dosis puede ser mayor. Siempre deben realizarse ensayos previos en concreto para evaluar el desempeño. Adicionalmente es importante tener en cuenta las condiciones de temperatura ambiente para evitar problemas de retardo en el fraguado.

Se pueden requerir dosis diferentes a las recomendadas, en estos casos consultar con el Departamento Técnico de EUCLID CHEMICAL TOXEMENT.

OFICINA PRINCIPAL:

Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87

WWW.TOXEMENT.COM.CO



**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

EUCO ESTABILIZADOR 1000

Aditivo estabilizador para cemento

ADITIVOS

EUCO ESTABILIZADOR 1000

TX40T640

Aplicación

Cuando el requerimiento es la permanencia de la trabajabilidad del concreto, se recomienda agregar **EUCO ESTABILIZADOR 1000** entre el 80% y 90% del agua de mezcla, una vez que el sistema de aditivos reductores de agua ha sido incorporado a la mezcla.

EUCO ESTABILIZADOR 1000 puede ser dosificado con equipo automático para garantizar uniformidad en el trabajo.

Recomendaciones Especiales

- Utilizar equipo de seguridad básico durante su manejo.
- No adicione simultáneamente con otros aditivos.
- No agitar con aire.
- Cuando se emplea en combinación con aditivos base lignosulfonato, se deben verificar las dosis del aditivo validando los requerimientos de fraguado en el concreto.
- En todos los casos consultar la Ficha de Datos de Seguridad del Producto antes de su uso.

Manejo y Almacenamiento

EUCO ESTABILIZADOR 1000 debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y en áreas ventiladas con temperatura entre 5°C y 35°C.

Vida útil en almacenamiento:

- 1 año en condiciones óptimas de almacenamiento.
- 6 meses a granel en condiciones óptimas de almacenamiento.

Presentación

Garrafa: 19 kg
Tambor: 210 kg.
Granel

Las Hojas Técnicas de los productos EUCLID CHEMICAL TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. EUCLID CHEMICAL TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Septiembre 2 de 2021

OFICINA PRINCIPAL:

Parque Industrial Gran Sabana, M3 - M7, Tocancipá.

PBX: (1) 869 87 87

WWW.TOXEMENT.COM.CO



**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**



INGENIERÍA E
INFRAESTRUCTURAS

MANUAL TÉCNICO

PROCEDIMIENTO TÉCNICO

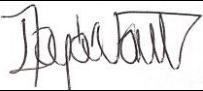
CODIGO DE IDENTIFICACION: PTO.04.34-CO

CARACTER: DEFINITIVO

CAPITULO: TÚNELES

TITULO: INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO

APROBACION

EDICION	FECHA EDICION	REVISADO	REDACTADO	APROBADO
	FECHA EFECTIVIDAD	Coordinadora de Calidad	Jefe de Obra	Gerente de Obra
1	15/03/2020	Vanessa Álvarez	Alejandro Cobo	Miguel Ángel del Barco
				

NATURALEZA DE LOS CAMBIOS RESPECTO A LA EDICIÓN (Anterior):

Naturaleza de los cambios respecto a edición (anterior):

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL TÉCNICO		PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO		Edición: 1 Página 2 de 44

INDICE DE CONTENIDOS

- 1.- OBJETO
- 2.- ALCANCE
- 3.- DOCUMENTOS RELACIONADOS
- 4.- RESPONSABILIDADES
- 5.- DEFINICIONES
- 6.- PROCEDIMIENTO
 - 6.1.- Topografía inicial
 - 6.2.- Control de calidad
 - 6.3.- Desarrollo de tareas
 - 6.4.- Herramientas y equipos
 - 6.5.- Aspectos de seguridad y salud en el trabajo
 - 6.6.- Aspectos ambientales
- 7.- FORMATOS
- 8.- DIAGRAMAS
- 9.- ANEXOS

1.- OBJETO

Identificar y establecer los parámetros, el conjunto de operaciones, la metodología necesaria que se aplicará, de acuerdo con las especificaciones y/o recomendaciones del cliente (AES), para la elaboración e instalación del concreto neumático, preparado por método seco o húmedo que sea necesario para la protección y estabilización de la obra, asegurando el cuidado de los recursos naturales.

2.- ALCANCE

Estas actividades se llevarán a cabo en las áreas donde se requiera estabilizar el terreno de la obra o donde el cliente lo solicite; como puede ser:

- Concreto lanzado para el soporte de obras subterráneas.
- Concreto lanzado para la protección o soporte de superficies de las excavaciones en corte abierto o superficies naturales.

Los controles definidos son de obligatorio cumplimiento y aplican para todas las actividades comprendidas dentro de este procedimiento.

3.- DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Plan SST-CLEP “PL-SST.10.BB3012002-CO”.
- Instrucción técnica IT.10.07.06.CO Montaje y desmontaje de andamios.
- Instrucción técnica IT.10.07.07.CO Manipulación manual de cargas.
- Instrucción técnica IT.10.07.10.CO Movilización de maquinaria.
- Instrucción técnica IT.10.07.11.CO Operación de maquinaria.
- Resolución 1463 del 2017.
- Plan de manejo ambiental del proyecto.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 3 de 44

- Manual del plan ambiental y social AMB.10-6-PRO-79.
- Programa de Puntos de Inspección y Ensayo, Anexo.11 del plan de calidad PC-S-BB012002.
- Norma ASTM C1116, Especificaciones para concretos fibro-reforzados (Tipo I-fibras de acero, Tipo III-fibras sintéticas), ASTM C-33, ASTM C-125, ASTM D-1293, ASTM D-512, ASTM D-516, ASTM C-494, ASTM C-260, ASTM C-618, NTC 126, 130, 175, 177, 183, 2240, 3459, 107, 220, 1299
- Norma colombiana sismorresistente NSR 10 decreto 926 de 2010.
- Especificación ACI-506R-90, Guía para el Shotcrete.
- Diseños y planos de construcción aprobados para construcción.

Plano	Descripción	Revisión vigente
GENERALES		
I-P-0010337-BCHI-GE-C-010.pdf	GENERALES - DISPOSICIÓN DE LAS OBRAS - PLANTA GENERAL	R0
I-P-0010337-BCHI-GE-C-020-R1.pdf	GENERALES - DISPOSICIÓN DE OBRAS - PERFILES GENERALE	R1
I-P-0010337-BCHI-GE-C-040-R1.pdf	TÚNELES Y GALERÍAS CORTINAS DE INYECCIONES SECCIONES	R1
I-P-0010337-BCHI-GE-C-050-R1.pdf	GENERALES - SECCIONES DE EXCAVACIÓN - INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA	R1
I-P-0010337-BCHI-GE-C-060.pdf	GENERALES - ELEMENTOS DE SOPORTE - DETALLES	R0
I-P-0010337-BCHI-GE-C-070.pdf	GENERALES - ELEMENTOS DE SOPORTES PERFILES METÁLICOS - DETALLE	R0
I-P-0010337-BCHI-GE-C-080-R1.pdf	GENERALES - TRATAMIENTO DE INTERSECCIÓN - PLANTA Y SECCIONE	R1

TÚNELES DE CARGA		
I-P-0010337-BCHI-TC-C-010.pdf	TÚNELES DE CARGA - OBRA TERMINADA - PLANTA GENERAL	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-020.pdf	TÚNELES DE CARGA - OBRA TERMINADA - PERFILES GENERALES	R0
I-P-0010237-BCHI-TC-C-025.pdf	TÚNEL DE CARGA - SECUENCIA DE EXCAVACIÓN - DETALLES GENERALES	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-030.pdf	TÚNELES DE CARGA - EXCAVACIÓN Y SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN - SECCIONES TÍPICAS	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-040.pdf	TUNELES DE CARGA - REVESTIMIENTO PERMANENTE - CONCRETOS - SECCIONES TÍPICAS	R0
I-P-0010237-BCHI-TC-C-050.pdf	TÚNELES DE CARGA - OBRAS SUPERFICIALES - PLANTA Y DETALLES	R0
I-P-0010237-BCHI-TC-C-055.pdf	TÚNEL DE CARGA - PORTALES DE ENTRADA - INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN - PLANTA - PERFIL Y SECCIÓN	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-060-R2.pdf	TÚNELES DE CARGA - PORTALES DE ENTRADA - EXCAVACIÓN Y SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN - PLANTA Y SECCIONES	R2
I-P-0010337-BCHI-TC-C-070.pdf	TÚNELES DE CARGA - PORTALES DE ENTRADA - REVESTIMIENTO PERMANENTE - PLANTA, SECCIONES Y DETALLE	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-080.pdf	TÚNELES DE CARGA - TRANSICIÓN TÚNEL DE CARGA N°1 - EXCAVACIÓN Y SOPORTES - PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-090-R1.pdf	TÚNELES DE CARGA - TRANSICIÓN TÚNEL DE CARGA N°1 - REVESTIMIENTO PERMANENTE - PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN	R1
I-P-0010337-BCHI-TC-C-100.pdf	TÚNELES DE CARGA - TRANSICIÓN TÚNEL DE CARGA N°2 - EXCAVACIÓN Y SOPORTES - PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-C-110-R1.pdf	TÚNELES DE CARGA - TRANSICIÓN TÚNEL DE CARGA N°2 - REVESTIMIENTO PERMANENTE - PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN	R1
I-P-0010337-BCHI-TC-M-001-R1.pdf	TÚNELES DE CARGA - ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - ARREGLO GENERAL DE LA REJA COLADERA PARA LA CAPTACIÓN No.1 - VISTAS, SECCIONES Y DETALLES	R1
I-P-0010337-BCHI-TC-M-002.pdf	TÚNELES DE CARGA - ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - REJA COLADERA DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN No.1 - VISTAS, SECCIONES Y DETALLES	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-M-003.pdf	TÚNELES DE CARGA - ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - MARCO METÁLICO PARA LA REJA COLADERA - VISTAS, SECCIONES Y DETALLES	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-S-010.pdf	TÚNELES DE CARGA - PORTAL DE ENTRADA - REFUERZO - PLANTA Y SECCIÓN	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-S-020.pdf	TÚNELES DE CARGA - PORTAL DE ENTRADA - REFUERZO - SECCIONES Y DETALLE	R0
I-P-0010337-BCHI-TC-S-030.pdf	TÚNELES DE CARGA - PORTAL DE ENTRADA - REFUERZO - PERFIL Y SECCIÓN	R0

POZO DE CARGA		
I-P-0010237-BCHI-PZ-M-004-R0.pdf	Compuertas para la captación - Arreglo general - Vistas y secciones	R0
I-P-0010237-BCHI-PZ-M-005-R0.pdf	Compuertas para la captación - Compuerta, guías y asientos - Vistas y secciones	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-010-R1.pdf	Plazoleta del pozo - Obra terminada, excavación y soportes - Planta general y secciones	R1
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-020-R0.pdf	Plazoleta del pozo - Geometría del brocal - Planta general y sección	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-021-R0.pdf	Plazoleta del pozo - Cerramientos	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-025-R1.pdf	Pozos - Inyecciones de consolidación - Secciones y detalles	R1
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-030-R2.pdf	Pozo de carga - Excavación y soporte - Perfil, sección y detalle	R2
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-040-R1.pdf	Pozo de carga - Excavación y soporte - Secciones típicas de excavación	R1
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-050-R2.pdf	Pozo de carga - Excavación y soporte - Secciones	R2
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-060-R2.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Concretos primarios - Perfil y sección	R2
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-070-R0.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Concretos primarios - Sección y detalle	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-080-R2.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Concretos primarios - Secciones en transición	R2
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-090-R0.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Elementos metálicos - Guías compuertas	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-110-R0.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Concretos secundarios - Guías compuertas	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-130-R0.pdf	Pozo de carga - Plazoleta del pozo de carga - Elementos metálicos - Reja metálica	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-C-140-R0.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Concretos - Secciones típicas	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-010-R0.pdf	Pozo de carga - Plazoleta del pozo de carga - Brocal plantas - Distribución anclajes y losa	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-020-R0.pdf	Pozo de carga - Plazoleta del pozo de carga - Brocal refuerzos - Despieces alzados y sección	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-030-R0.pdf	Pozo de carga - Plazoleta del pozo de carga - Tapa del pozo - Vigas metálicas distrib y detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-040-R0.pdf	Pozo de carga - Plazoleta del pozo de carga - Tapa del pozo - Vigas metálicas conexión	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-045-R0.pdf	Pozo de carga - Plazoleta del pozo de carga - Tapa del pozo - Reforzamiento de apoyo y tapa	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-050-R0.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Refuerzo dinteles y asientos de compuertas Det	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-060-R0.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Refuerzo compuertas planta y alzado Comp 1 y 2	R0
I-P-0010337-BCHI-PZ-S-150-R1.pdf	Pozo de carga - Revestimiento permanente - Perfil y secciones refuerzo	R1

ZONA DE TRANSICIÓN A RAMALES		
RAMALES DE CONEXIÓN		
I-P-0010337-BCHI-TR-C-010.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - OBRA TERMINADA - PLANTA GENERAL	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-C-020.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - OBRA TERMINADA - PERFILES GENERALES	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-C-025-R1.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - EXCAVACIÓN Y SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN - TRANSICIÓN A RAMALES DE CONEXIÓN N°1 Y N°2 - PLANTA, PERFILES Y SECCIÓN	R1
I-P-0010337-BCHI-TR-C-030.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - EXCAVACIÓN Y SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN - SECCIONES TÍPICAS - 1 DE 3	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-C-040-R1.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - EXCAVACIÓN Y SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN - SECCIONES TÍPICAS - 2 DE 3	R1
I-P-0010337-BCHI-TR-C-050-R1.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - EXCAVACIÓN Y SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN - SECCIONES TÍPICAS - 3 DE 3	R1
I-P-0010337-BCHI-TR-C-055.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - REVESTIMIENTO PERMANENTE - TRANSICIÓN A RAMALES DE CONEXION N°1 Y N°2 - PLANTA, PERFILES Y SECCIONES	R0

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 4 de 44

I-P-0010337-BCHI-TR-C-060-R1.pdf	RAMALES Y POZO DE CONEXIÓN - REVESTIMIENTO PERMANENTE - CONCRETOS - SECCIONES TÍPICAS	R1
I-P-0010337-BCHI-TR-C-080.pdf	RAMALES Y POZO DE CONEXIÓN - REVESTIMIENTO PERMANENTE - CONCRETOS - SECCIONES TÍPICAS	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-C-110.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - BLINDAJE METÁLICO - PERFIL Y SECCIONES TÍPICAS	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-C-120.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - BLINDAJE METÁLICO - DETALLES DE MONTAJE PARA AGUAS ARRIBA - CÁMARA DE VÁLVULAS	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-C-130.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - BLINDAJE METÁLICO - DETALLES DE MONTAJE PARA AGUAS ABAJO - CÁMARA DE VÁLVULAS	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-S-010.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - REVESTIMIENTO PERMANENTE - TRANSICIÓN A RAMALES N°1 Y N°2 - REFUERZO	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-S-090.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - TRANSICIÓN A TRAMO BLINDADO - REFUERZO	R0
I-P-0010337-BCHI-TR-S-100.pdf	RAMALES Y POZOS DE CONEXIÓN - TRANSICIÓN A TRAMO BLINDADO - REFUERZO	R0
GALERÍAS		
I-P-0010337-BCHI-GC-C-010-R2.pdf	Galería de Acceso - Portal, planta y secciones	R2
I-P-0010337-BCHI-GC-C-015-R1.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de Acceso - Portal Entrada - Obra Terminada - Planta	R1
I-P-0010337-BCHI-GC-C-020-R0.pdf	Galería de Acceso - planta, perfil y sección	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-030-R1.pdf	Galería de Acceso - Excavación y soportes de construcción	R1
I-P-0010337-BCHI-GC-C-040-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Planta	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-050-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Secciones de excavación	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-070-R1.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Perfiles y secciones	R1
I-P-0010337-BCHI-GC-C-080-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Galería N°1 Tapón	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-090-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Galería N°2 Tapón	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-100-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Galería N°4 Tapón	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-110-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Galería N°5 Tapón	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-120-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Tapones definitivos secciones y detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-C-130-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de construcción - Tapones definitivos secciones típicas	R0
I-P-0010337-BCHI-GC-S-010-R0.pdf	Galerías de Acceso y Construcción - Galerías de Acceso - Portal Entrada - Refuerzo - Elevación	R0
I-P-0010337-BCHI-GR-S-010-R0.pdf	Notas generales	R0
CÁMARA DE VÁLVULAS		
I-P-0010237-BCHI-CV-C-090.pdf	Cámara De Válvulas Cortina De Inyecciones Planta Y Secciones	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-010.pdf	Cámara De Válvulas Excavaciones Planta Y Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-020.pdf	Cámara De Válvulas Excavaciones Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-025-R1.pdf	Cámara De Válvulas Secuencia De Excavación Planta Y Secciones	R1
I-P-0010337-BCHI-CV-C-027-R1.pdf	Cámara De Válvulas Sistemas De Inyecciones Planta Y Secciones	R1
I-P-0010337-BCHI-CV-C-030.pdf	Cámara De Válvulas Soporte Y Revestimiento Permanente Planta Y Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-040.pdf	Cámara De Válvulas Soporte Y Revestimiento Permanente Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-050.pdf	Cámara De Válvulas Concretos Planta Y Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-060.pdf	Cámara De Válvulas Concretos Sección Y Detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-070.pdf	Cámara De Válvulas Concretos Nicho Para Subestación	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-C-080-R1.pdf	Cámara De Válvulas Inyecciones De Consolidación Y De Drenajes Sección Y Detalles	R1
I-P-0010337-BCHI-CV-E-002.pdf	Cámara De Válvulas Diagrama Unifilar Tablero De Distribución Principal (Tdp) - 480 V.C.A.	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-003.pdf	Cámara De Válvulas Diagrama Unifilar Tablero De Servicios Misceláneos (Tsm) - 220 V.C.A.	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-005.pdf	Cámara De Válvulas Iluminación Interior Y Tomacorrientes	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-006.pdf	Nicho Para Subestación Iluminación Interior Y Tomacorrientes	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-007.pdf	GALERÍA DE ACCESO - INSTALACIONES ELÉCTRICAS - ILUMINACIÓN Y RUTA BANDEJAS PORTACABLES - 2 Hojas	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-008.pdf	Galería De Acceso Instalaciones Eléctricas Iluminación Y Ruta Bandejas Portacables Hoja 1 De 2	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-010.pdf	Nicho Para Subestación Instalaciones Eléctricas	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-012.pdf	Cámara De Válvulas Sistema De Puesta A Tierra Planta	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-014.pdf	Nicho Para Subestación Puesta A Tierra	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-E-017.pdf	Nicho Para Subestación Ubicación De Equipos	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-M-001.pdf	Cámara De Válvulas Disposición General De Equipos Vistas Y Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-M-002.pdf	Cámara De Válvulas Puente Grúa Características Generales Vistas Y Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-M-003.pdf	Cámara De Válvulas Sistema De Ventilación Disposición De Equipos Y Conductos Planta General - Localización Y Secciones	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-M-004.pdf	Cámara De Válvulas Sistema De Ventilación Disposición De Equipos Y Conductos Planta General - Localización Y Secciones	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-M-005.pdf	Cámara De Válvulas Sistema De Ventilación Disposición De Equipos Y Conductos Planta Y Sección	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-010.pdf	Cámara De Válvulas Losa Niveles 1191,45 Y 1195,15 Despiece De Refuerzo-Cara Superior. Detalles.	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-020.pdf	Cámara De Válvulas Losa Niveles 1191,45 Y 1195,15 Despiece De Refuerzo-Cara Inferior	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-030.pdf	Cámara De Válvulas Bases De Soporte Para Válvulas Plantas, Secciones Y Detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-050.pdf	Cámara De Válvulas Estructura Apoyo De Puente Grúa Despiece De Refuerzo - Vigas Carril. Secciones Y Detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-060.pdf	Cámara De Válvulas Estructura Apoyo De Puente Grúa Despiece De Refuerzo - Vigas Carril. Secciones Y Detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-070.pdf	Cámara De Válvulas Caseta Para Unidades Oleo-Hidráulicas Detalles De Mampostería	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-080.pdf	Cámara De Válvulas Nicho Para Subestación Solera Y Bases Para Equipos Planta, Secciones Y Detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-090.pdf	Cámara De Válvulas Nicho Para Subestación Cerramiento Para Subestación Planta Y Alzado, Despiece Y Secciones De Refuerzo	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-100.pdf	Cámara De Válvulas Nicho Para Subestación Cerramiento Para Subestación Detalles	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-110.pdf	Cámara De Válvulas Revestimiento Permanente Refuerzo	R0
NICHO SUBESTACIÓN		
I-P-0010337-BCHI-CV-S-080.pdf	CÁMARA DE VÁLVULAS - NICHO PARA SUBESTACIÓN - SOLERA Y BASES PARA EQUIPOS - PLANTA, SECCIONES Y DETALLES	R0
I-P-0010337-BCHI-CV-S-090.pdf	CÁMARA DE VÁLVULAS - NICHO PARA SUBESTACIÓN - CERRAMIENTO PARA SUBESTACIÓN - PLANTA Y ALZADO, DESPIECE Y SECCIONES DE REFUERZO	R0
EQUIPOS ELÉCTRICOS		
EQUIPOS MECÁNICOS		
ZODME		
NBE-PL-GET-060.pdf	Zodme-Planta y Localización	R0
NBE-PL-GET-061.pdf	Zodme Secciones	R0
NBE-PL-GET-062.pdf	Sistema de Drenaje - Zodme Detalles	R0
GEOLOGÍA Y GEOTECNIA		
I-P-0010337-BCHI-GG-C-045-R1.pdf	TÚNELES Y GALERÍAS - CORTINAS DE INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN - SECCIONES	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-010.pdf	GEOLÓGIA - GEOLÓGIA LOCAL - PLANTA GENERAL	R0
I-P-0010337-BCHI-GG-C-030-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOTÉCNICA - PLANTA - OBRA TERMINADA	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-040-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - TÚNEL DE CARGA N°1 Y RAMAL DE CONEXIÓN N°1 - PERFIL LONGITUDINAL	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-060-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - TÚNEL DE CARGA N°2 Y RAMAL DE CONEXIÓN N°2 - PERFIL LONGITUDINAL	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-070-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - TÚNEL DE CARGA N°3 Y RAMAL DE CONEXIÓN N°1 - PERFIL LONGITUDINAL	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-080-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - GALERÍA DE ACCESO - PERFIL LONGITUDINAL	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-090-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - GALERÍA DE CONSTRUCCIÓN No 1, 2 Y 3 - PERFILES LONGITUDINAL	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-100-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - GALERÍA DE CONSTRUCCIÓN No 4 Y No 5 - PERFIL LONGITUDINAL	R1
I-P-0010337-BCHI-GG-C-110-R1.pdf	SECTORIZACIÓN GEOLÓGICA - POZO DE CARGA - PERFIL LONGITUDINAL	R1

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 5 de 44

4.- RESPONSABILIDADES

Gerente de obra

- Gestionar la construcción de la Obra en nombre del Contratista, cumpliendo con los requisitos de este Contrato, leyes vigentes y cualquier otro requisito impuesto por el Cliente.
- Actuar como Representante Autorizado de acuerdo con lo previsto en el Contrato, asumiendo la responsabilidad de todas las decisiones y acciones que se tomen, durante el desarrollo de la Obra.
- Gestionar y controlar la mano de obra de construcción, y los materiales y equipos, así como los equipos suministrados por el Cliente para el desarrollo de la Obra.
- Garantizar la exactitud de los planos, y el cumplimiento de las Leyes Vigentes.
- Gestionar los recursos necesarios para cumplir con los estándares de seguridad y medio ambiente del Proyecto; y
- Emitir los reportes y las comunicaciones necesarias para el Cliente con miras a garantizar la correcta ejecución de la Obra.
- Verificar la provisión de los recursos necesarios para implementar, apoyar y hacer cumplir el Programa de SST del proyecto y sus políticas.
- Auditar periódicamente el Programa de SST del proyecto para asegurar su efectividad.
- Compartir y apoyar incondicionalmente una visión común con AES Chivor de “Seguridad Primero”. Iniciar y desarrollar un Plan de SST específico para la obra basado en documentos Solicitud de Propuestas de AES Chivor.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad del proyecto para las labores de construcción.

Jefe de Obra

El jefe de la obra tiene la responsabilidad de establecer las políticas, procedimientos y recursos necesarios para implementar un proceso efectivo de prevención de pérdidas en su respectiva ubicación. Liderará por medio del ejemplo, siendo modelo del comportamiento esperado de todos los trabajadores que estén desarrollando trabajos en la obra; en general deberá:

- Estar presente en el Sitio durante toda la etapa de construcción;
- Coordinar todos los recursos técnicos y humanos en campo, para llevar a cabo la Obra, de acuerdo con el Programa del Proyecto;
- Mantener informado permanentemente al Coordinador de Programación y Control sobre los avances, los rendimientos, las dificultades y las demás situaciones que se encuentren en los frentes de trabajo;
- Mantener informados de manera anticipada al Coordinador de Seguridad Industrial, Coordinador de Aseguramiento de Calidad y Coordinador Ambiental sobre el desarrollo de los frentes de trabajo, con el objeto de que éstos gestionen los recursos necesarios para llevar a cabo su trabajo en los respectivos frentes de trabajo; y
- Asumir la responsabilidad final por la seguridad. Deberá ejercer la supervisión responsable por la seguridad de todos los trabajadores.
- Asegurar que el proyecto/obra cuente con suficientes recursos para implementar adecuadamente las políticas y programa de SST.
- Apoyar el desarrollo del Plan de SST específico a la obra.
- Comunicar políticas y expectativas de SST al equipo de la obra.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 6 de 44

- Asegurar que los trabajadores estén informados de las condiciones de riesgo/posibilidades y cuasi-incidentes.
- Promover una comunicación abierta, de cooperación y confianza entre AES, sus trabajadores, subcontratistas y clientes con relación a asuntos de SST.
- Promover y comunicar expectativas de desempeño de SST a todo el equipo de la obra.
- Reconocer el desempeño sobresaliente de SST con el fin de aumentar el compromiso y la participación.
- Facilitar el cumplimiento con las regulaciones legales aplicables y todos los requerimientos del Plan de SST específico para la obra.
- Promover y apoyar la filosofía “LIBRE DE INCIDENTES” con el fin de buscar y mantener un ambiente libre de incidentes con respecto a lesiones personales, daño al equipo y la propiedad, y la protección del medio ambiente.
- Establecer una clara responsabilidad y rendimiento para la implementación en la obra del Plan de SST.
- Verificar y coordinar la implementación del Plan de SST CLEP con lo establecido por el Plan de SST del AES.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad del proyecto para las labores de construcción.

Ingeniero Residente

- Realizar correctamente las actividades especificadas en este procedimiento, cuya ejecución llevará a cabo de acuerdo con los planos clasificados como "Copia Controlada", las especificaciones técnicas, los requisitos vigentes y otros documentos previamente aprobados.
- Comprobar y hacer que los equipos de topografía funcionen correctamente.
- Notificar con suficiente antelación al Coordinador de Calidad el inicio de los trabajos.
- Coordinar los recursos humanos y equipos puestos a su alcance para la ejecución de los trabajos.
- Ejecutar correctamente y conforme a lo especificado para las actividades de instalación de concreto neumático.
- Realizar las inspecciones antes, durante y después del trabajo.
- Liderar y fomentar el desarrollo seguro de las actividades en campo.
- Planificar y realizar reuniones de seguridad y enviar copia de las minutas al representante de SST en la obra.
- Estar comprometidos a detener acciones inseguras del personal.
- Estar comprometidos a corregir prontamente cualquier condición insegura.
- Implementar acciones inmediatas para corregir condiciones y/o comportamientos inaceptables de SST reportados u observados.
- Realizar evaluaciones constantes de las áreas de trabajo y tomar las acciones correctivas necesarias para eliminar prácticas, condiciones y/o conductas bajo el estándar permitido.
- Participar en auditorías de trabajos en la obra y evaluaciones de SST de acuerdo a lo requerido por la gerencia.
- Apoyar las investigaciones de accidentes y preparar los informes requeridos.
- Apoyar la implementación del Plan de SST en la obra.
- Hacer cumplir reglamentos del trabajo relacionados con seguridad y tomar acción para asegurar el cumplimiento en concordancia con lo establecido en las políticas disciplinarias.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1 Edición: 1 Página 7 de 44
---	--	--

- Evaluar el desempeño de seguridad de los trabajadores designados e informar al gerente de la obra.
- Participar en la planificación pre-trabajo y en el Análisis de Riesgos del Trabajo (ART)/ Análisis de Seguridad del Trabajo (AST).
- Asistir a capacitación de seguridad cuando sea requerido por la gerencia.
- Asistir a inducciones de seguridad de la obra.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad de AES para las labores de construcción.

Topógrafo

- Comprobación de las bases de replanteo.
- Realizar las inspecciones que se determinen en el programa de puntos de inspección y ensayo.
- Vigilancia para la conservación de las referencias.
- Participar en la planificación pre-trabajo y en el Análisis de Riesgos del Trabajo (ART)/ Análisis de Seguridad del Trabajo (AST).
- Estar comprometidos a detener acciones inseguras del personal.
- Estar comprometidos a corregir prontamente cualquier condición insegura.
- Implementar acciones inmediatas para corregir condiciones y/o comportamientos inaceptables de SST reportados u observados.
- Realizar evaluaciones constantes de las áreas de trabajo y tomar las acciones correctivas necesarias para eliminar prácticas, condiciones y/o conductas bajo el estándar permitido.
- Participar en auditorías de trabajos en la obra y evaluaciones de SST de acuerdo a lo requerido por la gerencia.
- Planificar y realizar reuniones de seguridad y enviar copia de las minutas al representante de SST en la obra.
- Apoyar las investigaciones de accidentes y preparar los informes requeridos.
- Apoyar la implementación del Plan de SST en la obra.
- Hacer cumplir reglamentos del trabajo relacionados con seguridad y tomar acción para asegurar el cumplimiento en concordancia con lo establecido en las políticas disciplinarias.
- Asistir a capacitación de seguridad cuando sea requerido por la gerencia.
- Asistir a inducciones de seguridad de la obra.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad de AES para las labores de construcción.

Inspector SST

Asegurar el establecimiento de condiciones seguras en los puestos y áreas de trabajo, la adquisición por parte de empleados y trabajadores de hábitos de actuación segura, fundamentando la cultura correspondiente, evaluando las condiciones de seguridad de los frentes de la obra, tomando directamente o coordinando la implementación de acciones preventivas y/o correctivas. Gestión de seguridad y salud ocupacional en puestos de trabajo de la obra. Apoyo a la brigada del proyecto en el cumplimiento del plan de emergencias.

Adicionalmente las siguientes actividades:

- Promover una actitud positiva y la filosofía de LIBRE DE INCIDENTES.
- Coordinar actividades de SST entre los contratistas
- Planificar, dirigir y realizar evaluaciones periódicas de SST en la obra.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 8 de 44

- Realizar orientaciones de SST para familiarizar a los trabajadores con las condiciones del proyecto, prácticas de seguridad en el trabajo, procedimientos y programas continuos de capacitación en seguridad.
- Monitorear el cumplimiento del contratista con los requerimientos aplicables de SST.
- Capacitar y comunicar al personal sobre las regulaciones de SST, evaluaciones y actividades de procesos.
- Realizar actividades para estimular y mantener el interés de los trabajadores.
- Interpretar las regulaciones y requerimientos de SST para la obra.
- Completar y archivar oportunamente los informes de desempeño de SST, y otros informes que sean requeridos.
- Comunicar a los trabajadores las condiciones/ posibilidades de riesgos o de cuasi-incidentes.
- Supervisar/asistir en la facilitación/realización de investigaciones de accidentes/incidentes.
- Establecer y llevar a cabo los comités de seguridad de la obra.
- Emitir informes regulares que presenten el desempeño de la seguridad y las tendencias de los accidentes.
- Recomendar medidas disciplinarias por no-cumplimientos.
- Capacitar a los trabajadores en la medida que sea requerido asegurando que sepan sobre el uso de las diferentes medidas para evitar/ mitigar accidentes/incidentes.
- Implementar el Plan de SST-CLEP.
- Proporcionar un entorno de trabajo saludable y seguro para todo el personal en la obra.
- Participar en las reuniones de pre-movilización del contratista, en las reuniones de seguridad del subcontratista y otras reuniones que se lleven a cabo con motivo de la seguridad.
- Asegurar que los trabajadores nuevos participen en sesiones de orientación y de capacitación especializada.
- Realizar evaluaciones diarias y semanales para monitorear el cumplimiento con los requerimientos de SST
- Realizar reuniones de SST semanales para los supervisores y trabajadores.
- Participar en la realización de investigaciones de causas primarias de accidentes/incidentes/cuasi-incidentes dirigidas por el representante AES de seguridad de la obra.
- Mantener copias actualizadas en la obra de los estándares aplicables de SST.
- Cumplir con la capacitación y requerimientos médicos de la obra.
- Participar activamente en la información de incidentes.
- Informar sobre incidentes/cuasi-incidentes.
- Participar en equipos establecidos de seguridad.
- Cumplir con los requerimientos aplicables del Programa de Drogas y Alcohol de la obra.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad del proyecto para las labores de construcción.

Supervisor e inspector Ambiental

- Ser responsables por la Gestión Ambiental y social.
- Estar comprometidos a detener acciones inseguras del personal.
- Estar comprometidos a corregir prontamente cualquier condición que atente contra el medio ambiente o las comunidades vecinas.
- Implementar acciones inmediatas para corregir condiciones y/o comportamientos inaceptables en temas ambientales o sociales reportados u observados.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 9 de 44

- Realizar evaluaciones constantes de las áreas de trabajo y tomar las acciones correctivas necesarias para eliminar prácticas, condiciones y/o conductas bajo el estándar permitido.
- Planificar y realizar reuniones ambientales y enviar copia de las minutas al representante ambiental y social en la obra.
- Apoyar las investigaciones de accidentes ambientales y preparar los informes requeridos.
- Apoyar la implementación del Plan Ambiental y Social en la obra.
- Hacer cumplir reglamentos del trabajo relacionados con medio ambiente y gestión social, y tomar acción para asegurar el cumplimiento en concordancia con lo establecido en las políticas disciplinarias.
- Evaluar el desempeño ambiental y de gestión social de los trabajadores designados e informar al gerente de la obra.
- Participar en la planificación pre-trabajo y en el Análisis de Riesgos del Trabajo (ART)/ Análisis de Seguridad del Trabajo (AST); en lo relativo a las consideraciones ambientales y sociales.
- Asistir a capacitaciones ambientales y de gestión social cuando sea requerido por la gerencia.
- Asistir a inducciones ambientales y sociales de la obra.
- Apoyar cuando sea requerido las verificaciones en campo, en tema ambientales.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía de la Política SST de Sacyr y las creencias en seguridad de AES para las labores de construcción.

Operador de maquinaria y equipos

- Realizar la inspección preoperacional del estado de funcionamiento de la máquina antes de empezar cualquier actividad.
- Mantener la maquinaria en condiciones óptimas para su funcionamiento, realizando para ello las actividades de mantenimiento menores pertinentes, que aseguren funcionamiento, y su utilización.
- Llevar a cabo instrucciones diarias del jefe directo.
- Realizar las actividades con el apoyo de ayudantes de operador, mediante señales predeterminadas y de acuerdo a especificaciones establecidas por el Plan SST CLEP.
- Responsable de la limpieza y chequeo diario del hodómetro, combustible, nivel de aceites y mantenimiento de la maquinaria a su cargo.
- Operar los equipos, cumpliendo rigurosamente las normas técnicas de manejo y de seguridad, ejecutando eficaz y eficientemente las labores asignadas en la obra.
- Al realizar operaciones de excavación, efectúe previamente inspección y localización de líneas eléctricas subterráneas y aéreas, para evitar contacto y posibles daños.
- Conserve las siguientes distancias para voltajes normales en trabajos próximos a redes eléctricas.
- Asegurarse que el material, y el equipo tienen las capacidades necesarias para realizar el trabajo y que están en condiciones seguras.
- Comunicarse con la (las) persona(s) directamente responsable(s) de realizar el trabajo y / o el área de trabajo para establecer los requerimientos/responsabilidades y verificar que todo el trabajo preparatorio está completado.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad del proyecto para las labores de construcción.

Personal Operativo

- Cumplir estrictamente con los requerimientos de este procedimiento.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 10 de 44

- Realizar los Análisis de Riesgos (ATS) exigidos para las tareas a realizar, teniendo en Cuenta todo lo que pueda lesionar al personal involucrado.
- Diligenciar los permisos de trabajo necesarios, para realizar las respectivas tareas y cumplir con los demás procedimientos emitidos que le apliquen en la ejecución de sus labores.
- Reportar todo evento no deseado, ya sea accidente, incidente, condición o acto subestándar.
- Usar todos los EPP requeridos para la actividad.
- Cumplir con las políticas de la empresa.
- Cuidar de las herramientas y equipos suministrados por la empresa.
- Asistir a charlas de seguridad y entrenamientos programados por la empresa.
- Cumplir con los horarios establecidos de labores para el proyecto.
- Detener trabajos inseguros que vayan en contravía política SST Sacyr y las creencias en seguridad del proyecto para las labores de construcción.

5.- DEFINICIONES

Bomba peristáltica:

Es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. El fluido es transportado por medio de un tubo flexible colocado dentro de una cubierta circular de la bomba.

Esta clase de bomba ha sido desarrollada para resistir a la abrasión y por ello puede trabajar con productos químicos, corrosivos, con sólidos o productos con gases. También admite fluidos viscosos.

Ofrece una excelente precisión en la dosificación, gracias a que no existe reflujo, puesto que es hermética en un 100%. De esta forma, la bomba ofrece un rendimiento de presión muy elevado. Esto es algo elemental teniendo en cuenta el tipo de productos con los que se suele trabajar. Son reversibles y autoaspirantes y no tienen ningún tipo de válvulas o cierres mecánicos, lo que les aporta una flexibilidad mayor.

Concreto Neumático:

Se define como mortero o concreto proyectado a alta velocidad sobre una superficie. El concreto neumático consistirá en una mezcla de cemento Portland Tipo UG, agregados grueso y fino, agua y unos aditivos plastificantes y un acelerante, y será aplicado por medio del método de la vía húmeda, como se explica más adelante. En el método húmedo todos los ingredientes, incluida el agua, se mezclan antes de que sean introducidos en la manguera. En la boquilla se adicionan aire comprimido seco y el acelerante de fraguado líquido.

El concreto lanzado se clasifica de 2 tipos: 1er tipo es la vía seca cuando se añade agua la boquilla y el segundo tipo por vía húmeda cuando el agua se añade antes de entrar a la manguera.

Acelerantes de fraguado:

Los aditivos acelerantes son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento. La utilización del acelerante de fraguado está principalmente

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 11 de 44

indicada en aquellos hormigones donde es necesario tener resistencias elevadas a temprana edad.

Micro sílice:

La microsilica mejora las propiedades del concreto debido a que reacciona con el hidróxido de calcio derivado de la hidratación del cemento para formar más silicato de calcio con lo que se mejora la resistencia y se reduce la permeabilidad.

Bomba de concreto tipo Robojet:

Una bomba de hormigón o bomba de concreto es una máquina utilizada para transferir hormigón líquido mediante bombeo. Hay dos tipos de bombas de concreto. El primer tipo de bomba de hormigón está acoplado a un camión o las unidades más largas están en semirremolques. Se lo conoce como bomba de hormigón de brazo porque utiliza un brazo robótico de articulación controlado remotamente (llamado brazo) para colocar el hormigón con precisión. Las bombas de pluma se utilizan en la mayoría de los proyectos de construcción más grandes ya que son capaces de bombear a volúmenes muy altos y debido a la naturaleza de ahorro de mano de obra del brazo de distribución. Son una alternativa revolucionaria a las bombas de hormigón de línea.

Bombas de agua:

Son utilizadas para concretos lanzado vía seca añadiendo agua a la boquilla, la boquilla debe proporcionar 2.00 litros de agua en boquilla por cada saco de 25 kg para obtener un revenimiento de mezcla de 24 cm +/- 3 cm.

Cemento:

El cemento para la fabricación de concreto lanzado será tipo UG que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 8.1.3.1 de estas especificaciones técnicas del contrato. Adicionalmente deberá tenerse en cuenta lo definido en la norma ASTM C1116, Especificaciones para concretos fibro-reforzados (Tipo I-fibras de acero, Tipo III-fibras sintéticas).

Fibras:

El concreto lanzado deberá estar reforzado con fibras de acero o sintéticas que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 9.2.5 de estas especificaciones técnicas del contrato.

Agua:

El agua que se utilice para el lavado de agregados y para la fabricación del concreto lanzado deberá cumplir los requisitos que se estipulan en el numeral 8.1.3.3 de estas especificaciones.

Toda el agua que se use para el lavado de agregados, para la preparación de las mezclas y para el curado del concreto será preferiblemente potable y deberá cumplir con la norma NTC 3459, será limpia y estará libre de aceites, sales, álcalis, ácidos, materia orgánica, sedimentos, lodo o cualquier otra sustancia que pueda dañar o reducir la calidad, resistencia y durabilidad del concreto.

El pH no será menor de 6 ni mayor de 8 (ASTM D-1293); el contenido máximo de cloruros, expresado en iones Cl⁻, no será mayor de 250 partes por millón para el agua que se emplee en la preparación de las mezclas, ni mayor de 500 ppm en el agua para lavado de agregados

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 12 de 44

(ASTM D-512); el contenido de sulfatos, expresado en iones SO_4^{2-} , no será mayor de 1000 ppm (ASTM D-516); el contenido máximo de hierro será de 0,3 ppm, y los sólidos totales no excederán las 2000ppm. En el ensayo prescrito en la norma NTC 107, "Cementos - Ensayo en autoclave para determinar la expansión del cemento", los resultados no excederán en más de 10% los que se obtendrían con agua destilada. Las resistencias obtenidas en el ensayo estipulado por la norma NTC 220, "Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50,8 mm de lado", no estarán por debajo del 90% de las resistencias que se obtendrían con mezclas preparadas con agua destilada. La iniciación y la terminación del fraguado tendrán unas variaciones máximas, con respecto a las correspondientes a una mezcla preparada con agua destilada, de 10 y 60 minutos, respectivamente.

Agregados:

Los agregados para el concreto lanzado deberán cumplir lo establecido en el numeral 8.1.3.2 de estas especificaciones, sobre la obtención, procesamiento y calidad de los mismos, excepto en aquellos aspectos que no estén en concordancia con lo que se estipula a continuación.

En general, los agregados finos para el concreto lanzado tendrán una curva granulométrica comprendida dentro de los siguientes límites Tabla 11:

Tabla 11. Granulometría para concreto lanzado – Agregado fino

Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa cada malla
9,50 mm (3/8")	100
4,75 mm (No. 4)	95-100
2,36 mm (No. 8)	80-100
1,18 mm (No. 16)	50-85
600,00 μm (No. 30)	25-60
300,00 μm (No. 50)	10-30
150,00 μm (No. 100)	2-10
75,00 μm (No. 200)	0-5

La fracción comprendida entre cada dos tamices consecutivos de la serie indicada no podrá rebasar el 45% por peso del total de agregados. El módulo de finura estará comprendido entre 2,3 y 3,0 según las normas ASTM C-33 y ASTM C-125.

En general, los agregados gruesos tendrán una curva granulométrica comprendida dentro de los siguientes límites (Tabla 12):

Tabla 12. Granulometría para concreto lanzado – Agregado grueso

Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa cada malla
19,00 mm (3/4")	90-100
9,50 mm (3/8")	20-55
4,75 mm (No. 4)	0-10
2,36 mm (No. 8)	0-5

La gradación conjunta recomendada para la combinación de agregados grueso y fino en el caso de las mezclas seca y húmeda será la siguiente (Tabla 13):

Tabla 13. Gradación – Agregado grueso y fino

Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa cada malla	
	Mezcla seca	Mezcla húmeda
19,00 mm (3/4")	100	100
9,50 mm (3/8")	66-95	75-100
4,75 mm (No. 4)	48-80	55-90
2,36 mm (No. 8)	35-60	40-75
1,18 mm (No. 16)	23-42	30-52
600,00 µm (No. 30)	13-25	19-35
300,00 µm (No. 50)	7-18	12-24
150,00 µm (No. 100)	4-12	7-17
75,00 µm (No. 200)	3-9	4-12

Las anteriores gradaciones podrán variarse para acomodarlas a las recomendaciones del fabricante del equipo lanzador y a las condiciones de las fuentes de materiales, siempre y cuando se demuestre mediante ensayos que cumplen los demás requerimientos de este numeral.

Aditivos:

Los aditivos serán productos líquidos o en polvo, que adicionados a la mezcla mejoren las cualidades del concreto lanzado, disminuyan el rebote, aceleren el fraguado y contribuyan a obtener una buena estanqueidad; no deben ser productos que puedan generar grietas o descascamiento del concreto lanzado.

El tipo de aditivo y la dosificación que se utilizará se determinarán mediante el ensayo de compatibilidad que se describe más adelante. Si con los aditivos que el Contratista propone no se logran los resultados que se exigen a continuación, el Contratista ensayará otros hasta lograr un concreto lanzado que cumpla los requisitos especificados. El aditivo, se agregará a la mezcla por sistema mecánico y en ningún caso de manera manual.

No se permitirá el uso de acelerantes a base de cloruro de calcio. En el caso del método de la mezcla húmeda se considera usual la aplicación de aditivos acelerantes, en proporción que no debe pasar del 5% por peso del cemento o según lo que recomiende el fabricante. También podrán utilizarse plastificantes y reductores de agua, para disminuir el agua de mezcla.

Se utilizarán aditivos para el concreto con el fin de modificar su tiempo de fraguado, su manejabilidad y otras características, de acuerdo con los tipos de estructuras y los métodos de colocación, ajustándose en todo a las estipulaciones contempladas en las normas NTC 1299 y NSR-10. El Contratista dispondrá de las facilidades necesarias para la correcta dosificación y medida de los aditivos aprobados.

Compatibilidad del cemento y el aditivo:

El cemento y el aditivo acelerante que se usen deberán ser compatibles; para ello se deberán

	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 14 de 44

cumplir las siguientes tres condiciones: los tiempos máximos para el fraguado inicial y final serán de 3 y 12 minutos, la resistencia a la compresión a las 8 horas estará entre 3,5 MPa y 7 MPa, y la resistencia a los 28 días de una mezcla con acelerante no será menor que el 70% de una mezcla sin acelerante. Mediante los ensayos de compatibilidad con varias marcas de cementos y aditivos, se determinarán las que se utilizarán en las mezclas de campo. El porcentaje óptimo de aditivo también se determinará mediante el ensayo de compatibilidad.

Los tiempos de fraguado se determinarán de acuerdo con la norma NTC 890, modificada como se anota a continuación: para preparar la muestra de ensayo se utilizarán 50 gramos de cemento, a los que se les agregará el aditivo en la proporción que corresponda; luego, la pasta se amasará con el puño de la mano, utilizando el mínimo tiempo posible para no alterar el fraguado inicial.

Estos ensayos se deberán efectuar cuarenta y cinco (45) días antes de la aplicación del concreto lanzado.

6.- PROCEDIMIENTO

Preliminares, documentación y/o requerimientos del cliente:

- Solicitar inducción a los colaboradores nuevos y verificar que el personal antiguo tenga dicha inducción vigente.
- Entrega de dotación de acuerdo a roles a desempeñar.
- Presentar documentación requerida en la hoja de ruta para contratistas verificando soportes vigentes de todos los colaboradores involucrados.
- Verificar soportes vigentes de los equipos
- Evaluar estándares aplicables a todos los colaboradores por parte del área de SST y Ambiental.
- Presentar procedimiento técnico de trabajo al cliente por parte del área de ingeniería para su aprobación.
- Socializar plan de emergencia y rescate a los colaboradores por parte del área de SST y Ambiental.
- Realizar, consolidar y divulgar AST con todos los colaboradores involucrados.
- Socializar procedimiento técnico de trabajo a los colaboradores por parte del área de ingeniería.
- Realizar permisos de trabajos aplicables (cuando requiera)
- Planificar actividades de acuerdo a roles y cronograma.
- Realizar charlas diarias de seguridad en sitio de trabajo donde se socialicen tareas a realizar y así poder identificar oportunidades de mejora.
- Verificar la lista de chequeo de la herramienta a utilizar si aún se encuentra vigente.
- Evaluar el cumplimiento Ambiental Resolución 1463 de 2017 y Estándares Ambientales de AES, como es la Guía Ambiental y Social.
- Realizar charlas ambientales, según lo indica la ficha CONS/SE-04, Capacitación en temas ambientales mínimo 2 veces por semana.

	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 15 de 44

Para realizar las actividades de instalación de concreto neumático se procederá de la siguiente manera:

6.1.- TOPOGRAFIA INICIAL

De acuerdo a los planos de diseño aprobados y suministrados por el cliente, se hará la localización de los contornos teóricos de las estructuras para levantar el encofrado, ubicar y asegurar el refuerzo, y todas aquellas actividades que requieran de referencias para su localización; se hará el chequeo al vaciado del concreto para verificar de nuevo el posicionamiento y su posterior liberación.

Para controlar el espesor del concreto lanzado se colocarán sobre la superficie, varillas de control espaciadas entre 0,50 y 2,00 m, consistentes en elementos metálicos que puedan incrustarse en el terreno o en la primera capa de concreto, antes de que éste endurezca. Estos controles se colocarán en todas direcciones, en puntos representativos, esto requiere una malla de 52-26 puntas por ml para controlar espesores. Sin embargo, con posterioridad a la colocación del concreto lanzado, el Contratista hará verificaciones sistemáticas del espesor mediante perforaciones de control de 38mm de diámetro mínimo en los sitios ordenados por El Propietario., las cuáles serán reparadas posteriormente. Esta comprobación se realizará con una frecuencia de 5 perforaciones por cada 200 m² de área cubierta en excavaciones subterráneas o a cielo abierto.

6.2.- CONTROL DE CALIDAD

Se tendrán en cuenta los requerimientos establecidos en el plan de calidad PC-S-BB012002, normas INVIAS, ASTM, ACI, NTC descritas en el anexo A. numeral 8.2.

En el proceso de mezcla húmeda se prepara una mezcla de bajo asentamiento que se bombea a la boquilla del equipo. Sin embargo, no se permitirá, salvo casos especiales, la aplicación de concreto vía seca en las excavaciones subterráneas.

Los casos especiales cuando podrá utilizarse concreto lanzado vía seca son los siguientes: sectores donde exista muy alta infiltración de difícil control; sectores donde el macizo rocoso se encuentre en condiciones de estabilidad marginal y que requieren que el concreto lanzado tenga una resistencia inicial alta como, por ejemplo, el cruce de zonas de falla en los túneles.

Los aditivos serán productos líquidos o en polvo, que adicionados a la mezcla mejoren las cualidades del concreto lanzado, disminuyan el rebote, aceleren el fraguado y contribuyan a obtener una buena estanqueidad; no deben ser productos que puedan generar grietas o descascamiento del concreto lanzado.

Para controlar el espesor del concreto lanzado se colocarán sobre la superficie, varillas de control espaciadas entre 0,50 y 2,00 m, consistentes en elementos metálicos que puedan incrustarse en el terreno o en la primera capa de concreto, antes de que éste endurezca. Estos controles se colocarán en todas direcciones, en puntos representativos, esto requiere una malla de 52 – 26 puntas por ml para controlar espesores. Sin embargo, con posterioridad a la colocación del concreto lanzado, se realizarán verificaciones sistemáticas del espesor

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 16 de 44

mediante perforaciones de control de 38mm de diámetro mínimo en los sitios ordenados por el cliente, las cuáles serán reparadas posteriormente. Esta comprobación se realizará con una frecuencia de 5 perforaciones por cada 200 m² de área cubierta en excavaciones subterráneas o a cielo abierto.

Para verificar la resistencia a la compresión, se usarán muestras cilíndricas tomadas de concreto lanzado sobre paneles de ensayo y directamente del concreto colocado. Todo el trabajo de toma, preparación y ensayo de muestras se realizará de acuerdo con la norma ASTM C-579.

Los paneles serán de madera de 75 cm de lado, y se prepararán lanzándoles concreto, en condiciones similares a las del trabajo real, hasta obtener espesores de 0,15 m. Los paneles se curarán en condiciones similares a las del sitio de aplicación del concreto lanzado y enviados a laboratorio para su posterior ensayo.

Los núcleos que se extraigan, tanto de los paneles como de los revestimientos, tendrán alrededor de 50 mm de diámetro y se tomarán poco antes del ensayo, pero nunca antes de que el concreto lanzado haya alcanzado una resistencia de 6 MPa. Las perforaciones penetrarán 75 mm en la roca.

Los huecos que queden en el concreto lanzado se rellenarán con mortero. Las muestras para ensayos se prepararán cortando los núcleos con caras perpendiculares al eje del núcleo, de manera que la relación de altura a diámetro sea aproximadamente de 2 (en caso de ser menor a dos debe aplicarse los factores de conversión dados en la tabla 10.2.1 de la EFNARC para concreto lanzado).

Por cada 200 m² de superficie cubierta con concreto lanzado se prepararán dos paneles, de cada uno de los cuales se tomarán tres muestras, y se extraerán tres núcleos del concreto aplicado.

Los núcleos, que se ensayarán a las 24 horas, a los 3 días y a los 28 días, deberán tener resistencias de 10 MPa, 18 MPa y 28 MPa, respectivamente. En cada ensayo habrá dos núcleos tomados de paneles y uno tomado del concreto aplicado, y la resistencia del ensayo será el promedio aritmético de las resistencias de los tres núcleos.

Preliminares: se entregarán al cliente previo al inicio de las actividades los diseños de mezcla, certificados de calidad de los materiales, compatibilidad de aditivos, ensayos de resistencia a la compresión del concreto a 28 días, tiempos de fraguado de concreto, caracterización de los materiales a utilizar, ensayos de los materiales, lanzados de prueba y ensayos de resistencias con cilindros tomados de paneles y de las pruebas de lanzado, Estos ensayos se repetirán cada vez que haya una variación en la calidad de los materiales.

Previo al inicio del vaciado de concreto se realizará la liberación de la actividad con el formato “PTO.04.34-CO-F.05.Liberación para concreto lanzado”, donde se verificará chequeo topográfico, colocación de acero de refuerzo, instalación de formaletas y elementos metálicos si los lleva etc. Se revisará la guía de despacho o la remisión de concreto emitida por la planta de concreto, se verificara el slump o el valor del cono de abrams y toda esta informara quedará consignada en el registro de liberación correspondiente.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 17 de 44

- Para controlar el espesor del concreto lanzado se colocarán sobre la superficie, varillas de control espaciadas entre 0,50 y 2,00 m, consistentes en elementos metálicos que puedan incrustarse en el terreno o en la primera capa de concreto, antes de que éste endurezca. Estos controles se colocarán en todas direcciones, en puntos representativos, esto requiere una malla de 52 – 26 puntas por ml para controlar espesores.
- Después de la colocación del concreto lanzado, se realizarán verificaciones sistemáticas del espesor mediante perforaciones de control de 38mm de diámetro mínimo en los sitios que destine el cliente para tal fin, las cuáles serán reparadas posteriormente. Esta comprobación se realizará con una frecuencia de 5 perforaciones por cada 200 m² de área cubierta en excavaciones subterráneas o a cielo abierto.
- El curado del concreto lanzado se efectuará manteniendo continuamente húmedas las superficies expuestas a la intemperie, al igual que los bordes y las esquinas del concreto fresco
- Se tomarán y prepararán las muestras para los ensayos a compresión y se realizarán los ensayos a compresión de los núcleos.
- Contenido de fibra en el concreto lanzado: Para determinar el contenido de fibras, para el caso del concreto lanzado preparado por el método húmedo, se deberán realizar para cada mezcla de prueba un mínimo de tres ensayos sobre muestras frescas o sobre núcleos de concreto endurecido. Para concretos reforzados con fibras de acero se podrán usar ambos tipos de muestras; para concreto reforzados con fibras sintéticas sólo aplican las muestras frescas.
- Muestras de concreto lanzado aplicado fresco: Para la determinación del contenido de fibra en el concreto lanzado aplicado fresco, se deberá tomar una muestra no menor de 0,05 kN (5 kg) de la superficie recién recubierta, con lavado previo del cemento por la malla No. 200, antes que la mezcla haya endurecido. Una vez lavado el cemento, se extraen las partículas de fibra. Las fibras metálicas en este tipo de muestras se pueden extraer mediante imantación. Por otro lado, las fibras sintéticas se pueden extraer agregando alcohol al contenido de la muestra, el cual se agita hasta que todas las fibras floten en la superficie.
- Muestras de concreto lanzado aplicado endurecido: Para determinar el contenido de fibra del concreto lanzado endurecido se deberán tomar como mínimo tres núcleos de diámetro no menor de 60 mm de la superficie recubierta. En cada núcleo se determinará la densidad del concreto. Posteriormente los núcleos se pulverizan suficientemente para extraer las fibras contenidas en cada uno.
- Para que el contenido del concreto lanzado sea aceptable, el contenido promedio de cualquier ensayo estará por encima del 85% del contenido especificado, y el contenido de cualquier núcleo estará por encima del 75% del contenido especificado.
- Se verificará que no haya un exceso de agua mediante observación de la apariencia de la superficie del concreto, una vez aplicado; para esto se tendrá en cuenta que la mezcla será húmeda en un principio, pero se secará en un lapso de 5 a 30 segundos y, además,

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 18 de 44

aparecerá firme al tacto después de 1 a 2 minutos. Si no se cumplen estas condiciones, se reducirá la cantidad de agua, o se modificarán las proporciones de la mezcla.

- Para verificar la adherencia a la superficie de excavación, se utilizará un martillo para golpear la superficie y determinar con base en el sonido si hay o no adherencia. Adicionalmente se observarán los núcleos extraídos para los ensayos de resistencia a la compresión.
- Para verificar la resistencia a la compresión, se usarán muestras cilíndricas tomadas de concreto lanzado sobre paneles de ensayo y directamente del concreto colocado. Todo el trabajo de toma, preparación y ensayo de muestras se realizará de acuerdo con la norma ASTM C-579. Los paneles serán de madera de 75 cm de lado, y se prepararán lanzándoles concreto, en condiciones similares a las del trabajo real, hasta obtener espesores de 0,15 m. Los paneles se curarán en condiciones similares a las del sitio de aplicación del concreto lanzado.
- Los núcleos que se extraigan, tanto de los paneles como de los revestimientos, tendrán alrededor de 50 mm de diámetro y se tomarán poco antes del ensayo, pero nunca antes de que el concreto lanzado haya alcanzado una resistencia de 6 MPa. Las perforaciones penetrarán 75 mm en la roca. Los huecos que queden en el concreto lanzado se rellenarán con mortero. Las muestras para ensayos se prepararán cortando los núcleos con caras perpendiculares al eje del núcleo, de manera que la relación de altura a diámetro sea aproximadamente de 2 (en caso de ser menor a dos debe aplicarse los factores de conversión dados en la tabla 10.2.1 de la EFNARC para concreto lanzado).
- Por cada 200 m² de superficie cubierta con concreto lanzado se prepararán dos paneles, de cada uno de los cuales se tomarán tres muestras, y se extraerán tres núcleos del concreto aplicado. Los núcleos, que se ensayarán a las 24 horas, a los 3 días y a los 28 días, deberán tener resistencias de 10 MPa, 18 MPa y 28 MPa, respectivamente. En cada ensayo habrá dos núcleos tomados de paneles y uno tomado del concreto aplicado, y la resistencia del ensayo será el promedio aritmético de las resistencias de los tres núcleos.
- Para que el concreto lanzado sea aceptable, la resistencia promedia de cualquier ensayo estará por encima del 85% de la resistencia especificada, y la resistencia de cualquier núcleo estará por encima del 75% de la resistencia especificada
- Para las pruebas y ensayos preliminares, se harán aplicaciones de concreto en taludes ajenos al proyecto, y que servirán para determinar las cantidades de aditivos por Kg de cemento en la mezcla, el tipo de los aditivos a emplear para la producción y para la aplicación de lanzado en superficies a cielo abierto y subterráneas en la protección de los taludes con Concreto Neumático.

6.3.- DESARROLLO DE TAREAS

TAREA 1 MATERIALES	PELIGRO ASOCIADO	CONSECUENCIA/ IMPACTO	CONTROLES PREVENTIVOS
-----------------------	------------------	--------------------------	-----------------------

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 19 de 44

	Manipulación con productos químicos (Cemento, aditivos acelerantes).	Quemaduras, inhalación de vapores	Utilizar hoja de seguridad del producto químico. Para implementar medidas de control.
	Factores Biomecánicos	Lumbagos	Todos los trabajadores involucrados en esta actividad deben estar atentos con sus manos, para evitar atrapamientos involuntarios y cumplir adecuadamente levantamiento manual de cargas. (Max. 25 Kg por persona/ hombres y 12.5 kg por mujer).
	Caídas a un mismo nivel	Esguinces, luxaciones.	Usar adecuadamente EPP, con especial atención botas de seguridad antideslizantes.
			Inspeccione y despeje el lugar de trabajo de obstáculos, elementos o materiales.

1.1 Aditivos: La compatibilidad entre diferentes aditivos, entre aditivos acelerantes y el Cemento y otros componentes del concreto neumático, será demostrada mediante ensayos de compatibilidad antes de ser utilizados en obra. En general los aditivos serán adicionados a la mezcla de concreto neumático en forma mecánica, proveyéndose un dispositivo de regulación para la dosificación automática en la planta y en el frente, de tal forma que se eviten alteraciones en los porcentajes establecidos. Todo producto químico contara con la ficha de seguridad del producto.

1.2 Acelerante fraguado: Para los concretos neumáticos a ser aplicados como parte del soporte durante la construcción de los túneles, o como soporte definitivo de los mismos, la proporción de aditivo acelerante podrá ser superior a la empleada para el caso de la aplicación sobre taludes, dado que se debe garantizar que el concreto se adhiera a toda la superficie excavada, incluso en la bóveda, por lo que podría ser necesario emplear una cantidad superior de manera que se minimicen los desprendimientos y el rebote se mantenga dentro de límites aceptables, Los aditivos se aplicarán de tal manera que el concreto lanzado conserve la resistencia especificada.

En el proceso de aplicación de concreto lanzado por vía húmeda se utilizarán aditivos aceleradores en forma líquida. Estos serán adicionados en la boquilla o cerca de la misma. El suministro de acelerantes se hará por medio de una bomba dosificadora del tipo Peristáltica, para lograr una adición a la mezcla de acelerante proporcional al caudal de mezcla húmeda que da la bomba de concreto. Esta bomba dosificadora de aditivo estará adosada al equipo de lanzado y contará con un dispositivo de sincronismo entre la bomba de concreto y el equipo de dosificación de aditivo.

1.3 Aditivos control de hidratación: Los aditivos para el control del proceso de hidratación podrán ser empleados siempre y cuando no disminuyan la resistencia especificada del concreto lanzado. Se verificará la compatibilidad entre aditivos de control de hidratación con el cemento, con otros materiales hidráulicamente activos y con los acelerantes de fraguado.

1.4 Micro sílice: Es posible que, para mejorar las condiciones de la mezcla del concreto neumático, en cuanto a la adherencia y a la disminución del rebote, se dosifique polvo Sílice como cementante y aglutinante adicional, que deberá adicionarse a la mezcla en planta, durante el proceso de adición de los agregados y del cemento. La presentación de la Sílice podrá ser en polvo o líquida.

1.5 Fibras de acero: Las fibras de acero al carbón para el refuerzo del concreto lanzado deberán ser trefiladas y cumplir los requisitos establecidos en la última versión de la Norma ASTM A 820.

La fibra no deberá tener una longitud mayor del 70% del diámetro de la manguera para el lanzado del concreto, y no deberá exceder de 50 mm. El diámetro de la fibra deberá estar comprendido

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 20 de 44

en el rango entre 0,25 mm y 0,76 mm y deberán tener una resistencia última a la tracción igual o superior a 1000 MPa. Se podrán usar fibras sintéticas como refuerzo del concreto lanzado para limitar la fisuración en el estado endurecido, así como aumentar su tenacidad. Adicionalmente, es aconsejable combinar este tipo de refuerzo con fibras que disminuyan la fisuración en estado fresco para un mejor desempeño del concreto lanzado. La dosificación típica de estas fibras está entorno de 5-10 kg/m³. La resistencia a la tensión debe variar entre 450 y 750 MPa. La norma de referencia es la ASTM C1116 para fibras monofilamento, longitud gradada y gravedad específica de 0.91. En concordancia con lo mostrado en los planos, los concretos que tengan acero de refuerzo llevarán adicionalmente fibra sintética, (TUF STRAND SF o equivalente), con una cuantía de 1,8

kg/m³; para los concretos simples se deberá definir la cuantía de acuerdo con la tabla C.23-C.7.12.2.1 del capítulo C-23 de la NSR-10, oscilando entre 1.8 y 12 kg/m³ dependiendo de la aplicación y requerimientos de diseño de la mezcla y las recomendaciones del fabricante del producto, para este proyecto se estiman 6 kg/m³.

TAREA 2 PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE	PELIGRO ASOCIADO	CONSECUENCIA/ IMPACTO	CONTROLES PREVENTIVOS
	Manipulación con productos químicos (Cemento, aditivos acelerantes).	Quemaduras, inhalación de vapores	Utilizar hoja de seguridad del producto químico. Para implementar medidas de control.
	Transporte de productos químicos, para los procesos mezclado de concreto lanzado.	Derrames. Explosión.	Acopiar productos químicos de acuerdo a instrucciones de hoja de seguridad del producto.
			Uso adecuado del producto químico, según lo informado por la matriz de compatibilidad.
			Disponibilidad de equipos de extinción de incendios adecuados, para el transporte y almacenamiento de productos químicos, en el proceso de mezclado de concreto lanzado.

2.1 Mezclado: Los componentes individuales del concreto lanzado serán pesados y dosificados en las proporciones especificadas mediante equipo provisto de una balanza calibrada y certificada. La precisión en la medición del cemento, de los agregados, del agua para la mezcla, y de los aditivos será la indicada en las Especificaciones Técnicas, y la precisión de estos equipos de medida será acreditada dentro de los plazos establecidos por la norma.

Se aplicarán los mismos procesos que se siguen en la dosificación, producción, y control en plantas de mezclas de concreto convencionales. Para los despachos de concreto de planta hacia los sitios de aplicación se utilizarán los formatos aprobados para este fin.

El concreto lanzado será aplicado antes de tres (3) horas contadas a partir del inicio del mezclado. En caso de que las condiciones de la obra hagan necesario el uso de retardadores o aditivos de control de hidratación, previamente a su aplicación, se harán los ensayos de laboratorio respectivos de aptitud cuyos resultados corroboren que la resistencia final del concreto lanzado no se reduzca en más del 25 por ciento (25%) respecto de la del concreto lanzado normal.

2.2 Transporte de la mezcla: La mezcla del proceso por vía húmeda deberá transportarse sin adición de acelerantes de fraguado utilizando un medio que garantice un mezclado completo durante el transporte y que prevenga la segregación de los componentes. La mezcla será totalmente protegida contra la influencia de agentes externos, como la lluvia o el polvo.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO		PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO		Edición: 1 Página 21 de 44

	PELIGRO ASOCIADO	CONSECUENCIA/ IMPACTO	CONTROLES PREVENTIVOS
TAREA 3 BOMBAS PARA APLICACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Maniobra y operación de bomba MEYCO ME-5	Golpes contra objetos inmóviles. Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina. Proyección de fragmentos o partículas. Atrapamientos por vuelco de máquinas. Contactos térmicos. Contactos eléctricos. Inhalación o ingestión de sustancias nocivas. Explosiones. Incendios. Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos. Hundimientos de terrenos. Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo y gas. Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos.	Revisión e inspección diaria de equipo, a través de lista de chequeo preoperativa. El equipo debe estar liberado por el área SST, de acuerdo al programa de inspecciones del color del mes correspondiente. El operador del equipo debe ser competente para operar el equipo. Y debe seguir instrucciones del manual del equipo.
			Prohibir la presencia de trabajadores o terceros en el radio de acción de la máquina. Al reiniciar una actividad tras producirse lluvias importantes, hay que tener presente que las condiciones del terreno pueden haber cambiado. Mantener el contacto visual permanente con los equipos de obra que estén en movimiento y los trabajadores del puesto de trabajo. Verificar que la ventilación es suficiente o que los gases se han extraído. Antes de poner en funcionamiento el equipo, hay que comprobar que el freno de basculación esté en perfecto estado. Antes de proceder al lanzado de concreto, se tiene que comprobar que la tubería de transporte tiene todos sus acoplamientos y codos perfecto estado. Evitar desplazar o colocar el equipo en zonas a menos de 2 m. del borde de coronación de taludes. La alimentación eléctrica del equipo se tiene que realizar mediante mangueras antihumedad. Deben utilizarse superficies horizontales y sólidas para la colocación del equipo, y este pueda operar de forma segura. La zona de lanzado de concretos tiene que quedar totalmente aislada de los peatones. Se debe utilizar barreras físicas y señalización para segregar hombre-maquina. Prohibido introducir las manos en el interior de la tolva o del tubo oscilante cuando el equipo esté en funcionamiento.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 22 de 44

			Limpiar el interior de los tubos de toda la instalación una vez hayan finalizado los trabajos. Los dispositivos de seguridad del equipo de aplicación de concretos deben estar siempre en perfectas condiciones de funcionamiento. Se prohíbe expresamente su modificación o mala manipulación. En operaciones de mantenimiento, no utilizar ropa holgada, ni joyas, y utilizar los equipos de protección adecuados. Efectuar las tareas de reparación del equipo con el motor parado y la máquina estacionada. Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su resolución hay que segregarlos en recipientes cumpliendo disposiciones ambientales. En operaciones de transporte, comprobar medidas del área de tránsito y zonas de movilización del equipo. Asimismo, hay que asegurarse de que las rampas de acceso pueden soportar el peso del equipo. Estacionar el equipo en zonas adecuadas, de terreno llano y firme, sin riesgos de desplomes, desprendimientos o inundaciones (como mínimo a 2 m. de los bordes de coronación). Hay que poner los frenos, sacar las llaves del contacto, cerrar el interruptor de la batería y el compartimento del motor. Uso adecuado de EPP, con mayor atención protección respiratoria para evitar inhalación de polvos, producto de proceso lanzado de concreto. Disponibilidad de equipo de extinción de incendios, en lugar de actividades.
--	--	--	---

3.1 Para un buen resultado en la colocación de concreto neumático en los frentes de Excavación Subterránea se requiere de un equipo de aplicación apropiado, por lo que para aplicaciones en ambientes confinados estará compuesto principalmente bombas impulsoras tipo MEYCO ME-5 montadas sobre un camión, dotadas de un brazo Robot para la aplicación de concreto, con capacidad para bombear hasta 30m³/hr de concreto, lo que sobrepasa en mucho las necesidades de la obra. Para el accionamiento de esta bomba y del brazo robot estos equipos cuentan con un motor eléctrico a 440V que acciona un sistema hidráulico que mueve el brazo y a su vez impulsa los dos (2) pistones impulsores de la mezcla. El camión de traslación tiene un motor Diesel destinado para su desplazamiento y para algunos movimientos básicos del brazo Robot únicamente.

3.2 La Bomba de lanzado es el equipo principal dentro del proceso para la aplicación de un concreto neumático, pues es una máquina eyectora de concreto convencional que está calibrada en término su velocidad de la impulsión y del volumen de los pistones, de tal manera que sea compatible con la longitud y el diámetro de las tuberías o mangueras de transporte, y con el caudal de mezcla de concreto que se desee

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 23 de 44

aplicar.
3.3 De esta calibración de caudal de mezcla dependerá la calibración del aire de impulsión que es producido por un compresor eléctrico montado en el mismo camión que forma parte integral del equipo de lanzado o de aire comprimido proveniente de las líneas de aire comprimido del frente, que se inyecta en cercanías a la boquilla de lanzado a la manguera que transporta la mezcla para darle el impulso final, y es también este caudal el que dará la pauta para la calibración de la bomba peristáltica que alimentará el suministro de aditivo acelerante al concreto.
3.4 El sistema de alimentación de aire a presión que ingresa a la boquilla para la impulsión final de la mezcla estará operado por el Operador del Robojet y le permitirá emplear aire en cualquier combinación deseada para operaciones tales como aplicaciones sobre superficies ásperas o para producir acabados de excelente calidad.
3.5 La adición de aditivo acelerante a la mezcla se hará en la boquilla, puede ser controlada por el Operador del equipo, y será controlada automáticamente por un sistema electrónico pre-calibrado y con clave electrónica de seguridad para evitar manipulaciones y descalibraciones en el sistema, no obstante ésta podrá variarse de acuerdo con las necesidades específicas de aplicación y la dosificación de acelerante de fraguado se efectuará en forma sincrónica con la bomba de concreto, al poder ajustarse a las posibles variaciones de la viscosidad y de la densidad de la mezcla
3.6 La adición del aditivo acelerante se hará en la boquilla de lanzado, a escasos centímetros de la salida del concreto, boquilla en donde se adicionará también el aire comprimido para imprimir gran velocidad a la mezcla.
3.7 Se empleará una bomba para colocación de concreto lanzado tipo Allentown PC30, con motor Diesel, con manguera de descarga de Ø2", y el aditivo acelerante se dosificará por peso utilizando una bomba peristáltica independiente, que se calibrará previamente.

Equipos de aplicación:

El equipo para la aplicación de Concreto Neumático estará conformado de la siguiente manera:

1. Bombas de concreto tipo Robojet marca Atlas Copco MEYCO ME-5 o un equivalente para aplicación en túnel.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 24 de 44



2. Bomba de Concreto Tipo Allentown PC20 o equivalente, con apoyo de un Telehandler para aplicación en altura, y el siguiente equipo adicional:
 - Bomba Peristáltica para dosificación de aditivo acelerante líquido.
 - Compresor para el suministro del aire comprimido de expulsión con capacidad mínima de 185 PCM. a 60~80 psi.



TAREA 4 APLICACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO CON BOMBA ESTACIONARIA DE FORMA MANUAL	RIESGO ASOCIADO	CONSECUENCIA/ IMPACTO	CONTROLES PREVENTIVOS
	Maniobra y operación de bomba estacionaria.	Golpes contra objetos inmóviles. Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina. Proyección de fragmentos o partículas.	Revisión e inspección diaria de equipo, a través de lista de chequeo preoperativa. El equipo debe estar liberado por el área SST, de acuerdo al programa de inspecciones del color del mes correspondiente. El operador del equipo debe ser competente para operar el equipo. Y debe seguir instrucciones del manual del equipo.

		Atrapamientos por vuelco de máquinas. Contactos térmicos. Contactos eléctricos. Inhalación o ingestión de sustancias nocivas. Explosiones. Incendios. Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos. Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo y gas. Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos.	La persona encargada de la boquilla y el personal que trabaja cerca siempre se deben proteger usando equipo de protección apropiado, incluyendo protección facial completa para evitar que el concreto que rebote les lesione la cara y los ojos. Dirija siempre los reductores alejándolos del operador y del conductor de la mezcladora de concreto. Las presiones dentro de las tuberías pueden ser muy altas durante el proceso de descarga de concreto (shotcrete). Se recomienda, que la persona encargada de la boquilla y el operador de la bomba deben usar radios para comunicarse para facilitar una parada rápida en caso de que se tapone una tubería. Mantenga siempre la rejilla de la tolva en posición horizontal ¡Nunca ponga las manos, los pies ni ninguna otra parte del cuerpo en la válvula de concreto, la tolva o la caja de agua si el sistema hidráulico está en marcha o listo para funcionar! ¡Nunca se pare sobre la rejilla de la tolva! Además, la rejilla impide que muchos elementos ingresen a la tolva que más tarde pudieran taponar la línea. Para el caso de mantenimiento de la tubería de la bomba ¡Peligro de partículas voladoras! Mantenga alejados del área de descarga al personal y al equipo antes de forzar una bola o un diablo de limpieza a través de la tubería, aun cuando esté limpiando con agua. Algo de aire quedará atrapado en la tubería y se comprimirá antes de ser expulsado. Se debe usar aire comprimido para limpiar el sistema de descarga de concreto solamente cuando no haya otro método que sea práctico o recomendado por el fabricante. El punto de descarga debe ser controlado. Use un captor de bola o algún otro dispositivo de contención en el punto de descarga, aun cuando esté limpiando con agua.
	Caídas de personas a distinto nivel por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.	Traumas, fractura.	El personal operador del equipo debe ser autorizado y competente para las operaciones de telehandler. La canasta a utilizar para levantamiento de personal debe ser validada por Ingeniería, y cumpla con la especificación para el levantamiento de carga. Y cumplir con norma ASME B30.23. No se permitirá uso de Telehandler para levantamiento de carga junto con personas. Se usarán los equipos según las instrucciones del fabricante.

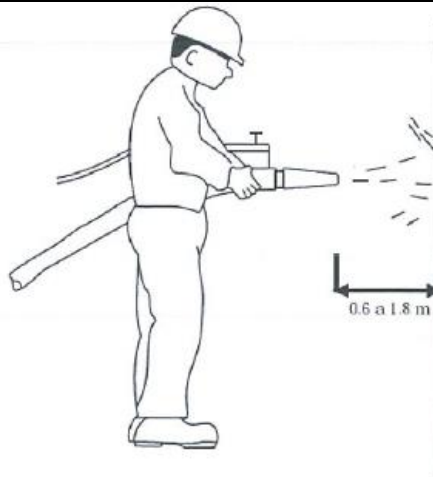
 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 26 de 44

			No se realizarán trabajos fuera de la canasta.
			Para exposición a alturas mayores a 1.50 metros utilice el arnés de seguridad, eslingas dobles, casco de seguridad con barbuquejo, guantes de vaqueta, tapones auditivos, botas con puntera reforzada, gafas de seguridad y asegúrese a una línea de vida.
			Antes de realizar el trabajo en alturas diligencie el permiso y asegúrese que el Inspector de seguridad en compañía del operario verifique las condiciones mínimas de seguridad.
			Utilice el casco con barbuquejo y asegúrelo.
			Los ejecutores de trabajos en altura, deben ser capacitados, como personal competente para desarrollar dichas labores.
			Para realizar el trabajo en alturas, cerciórese de que haya un vigía.
			Demarque y señalice el área donde se va a realizar el trabajo en alturas. Asegúrese de revisar que el sitio donde se va a realizar el trabajo en alturas esté libre de objetos u obstáculos. Garantice que las cuerdas o manilas utilizadas para levantar o movilizar carga no se utilicen como líneas de vida y que las líneas de vida certificadas no sean utilizadas para levantar objetos. Garantice que las eslingas tengan un sistema de absorción de choque y verifique su buen estado.

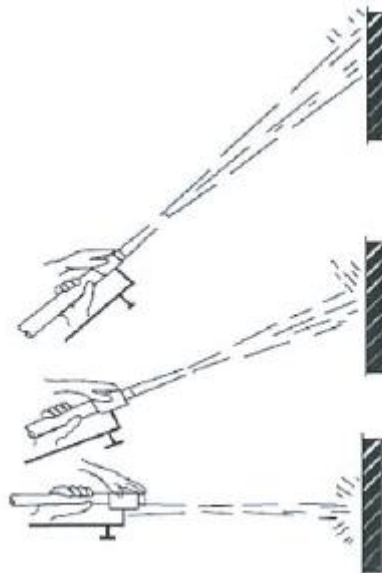
4.1 La aplicación y colocación del revestimiento con concreto neumático especificado como soporte temporal y/o definitivo en los Túneles y sus obras anexas puede ser de dos tipos mediante bomba estacionaria de forma manual y Robojet:

Bomba estacionaria: En lo posible, se deben evitar las juntas frías y laminaciones, por lo que los programas de trabajo deben reducir estas posibilidades.

La distancia de la boquilla a la zona de trabajo está comprendida, usualmente entre 0,6 y 1,8 m, pero en todo caso debe ser tal que permita obtener los resultados requeridos.

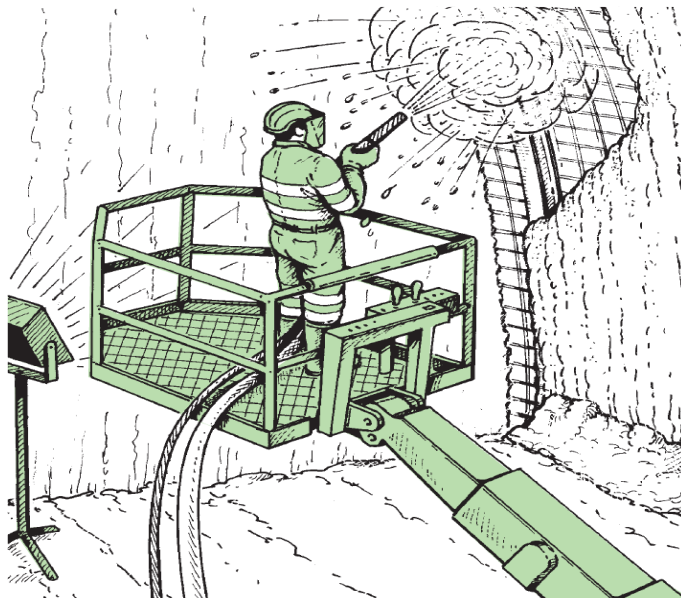


4.2 El ángulo de la boquilla también es un factor importante en el resultado final del concreto proyectado; como regla general la boquilla debe mantenerse perpendicular a la zona de trabajo, pero nunca a más de 45 grados desde la superficie. Cuando la boquilla es puesta en un ángulo distinto a la perpendicular, el Concreto rueda o se desprende, creando una discontinuidad y una superficie de textura gruesa. Este proceso conocido como “Rolling”, no es recomendado como técnica de proyección, porque se pierde mucho material y crea superficies de hormigón o mortero proyectado no uniformes.



El rebote y el “overspray” (exceso de material), son dos de los problemas en la aplicación del concreto o mortero proyectado. Ambos pueden ser controlados y minimizados desde la boquilla.

Inicialmente el porcentaje de rebote es alto, pero este descende después de que las primeras capas se han construido. Esto puede ser más alto o más bajo dependiendo de la experiencia del operador de la boquilla. En las zonas que estén por encima de 1,5 m el operario se ubicará en la cesta elevadora del manipulador telescópico, lugar desde donde proyectará la bóveda.



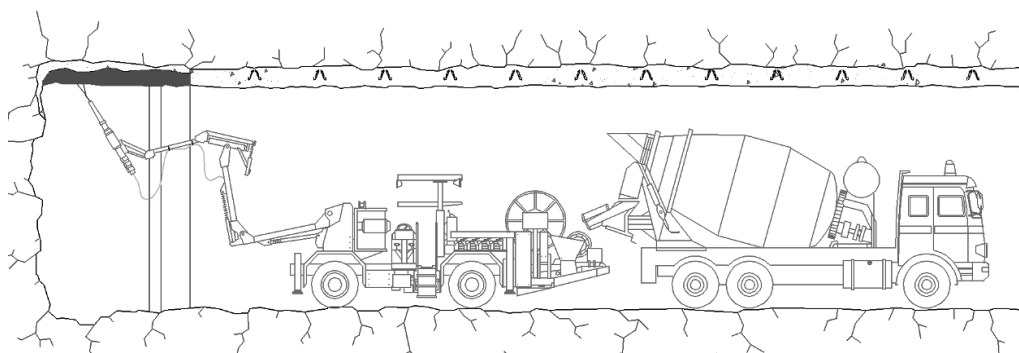
TAREA 5 APLICACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO CON ROBOJET	RIESGO ASOCIADO	CONSECUENCIA/ IMPACTO	CONTROLES PREVENTIVOS
	Maniobra y operación de Robojet	Golpes contra objetos inmóviles. Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina. Proyección de fragmentos o partículas. Atrapamientos por vuelco de máquinas. Contactos térmicos. Contactos eléctricos. Inhalación o ingestión de sustancias nocivas. Explosiones. Incendios. Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos. Hundimientos de terrenos. Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo y gas. Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos.	Revisión e inspección diaria de equipo, a través de lista de chequeo preoperativa. El equipo debe estar liberado por el área SST, de acuerdo al programa de inspecciones del color del mes correspondiente. El operador del equipo debe ser competente para operar el equipo. Y debe seguir instrucciones del manual del equipo. Prohibir la presencia de trabajadores o terceros en el radio de acción de la máquina. Al reiniciar una actividad tras producirse lluvias importantes, hay que tener presente que las condiciones del terreno pueden haber cambiado. Mantener el contacto visual permanente con los equipos de obra que estén en movimiento y los trabajadores del puesto de trabajo. Verificar que la ventilación es suficiente o que los gases se han extraído. Antes de poner en funcionamiento el equipo, hay que comprobar que el freno de basculación esté en perfecto estado. Antes de proceder al lanzado de concreto, se tiene que comprobar que la tubería de transporte tiene todos sus acoplamientos y codos perfecto estado.

			Evitar desplazar o colocar el equipo en zonas a menos de 2 m. del borde de coronación de taludes. La alimentación eléctrica del equipo se tiene que realizar mediante mangueras antihumedad. Deben utilizarse superficies horizontales y sólidas para la colocación del equipo, y este pueda operar de forma segura. La zona de lanzado de concretos tiene que quedar totalmente aislada de los peatones. Se debe utilizar barreras físicas y señalización para segregar hombre-maquina. Prohibido introducir las manos en el interior de la tolva o del tubo oscilante cuando el equipo esté en funcionamiento. Limpiar el interior de los tubos de toda la instalación una vez hayan finalizado los trabajos. Los dispositivos de seguridad del equipo de aplicación de concretos deben estar siempre en perfectas condiciones de funcionamiento. Se prohíbe expresamente su modificación o mala manipulación. En operaciones de mantenimiento, no utilizar ropa holgada, ni joyas, y utilizar los equipos de protección adecuados. Efectuar las tareas de reparación del equipo con el motor parado y la máquina estacionada. Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su resolución hay que segregarlos en recipientes cumpliendo disposiciones ambientales. En operaciones de transporte, comprobar medidas del área de tránsito y zonas de movilización del equipo. Asimismo, hay que asegurarse de que las rampas de acceso pueden soportar el peso del equipo. Estacionar el equipo en zonas adecuadas, de terreno llano y firme, sin riesgos de desplomes, desprendimientos o inundaciones (como mínimo a 2 m. de los bordes de coronación). Hay que poner los frenos, sacar las llaves del contacto, cerrar el interruptor de la batería y el compartimento del motor. Uso adecuado de EPP, con mayor atención protección respiratoria para evitar inhalación de polvos, producto de proceso lanzado de
--	--	--	---

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1 Edición: 1 Página 30 de 44
---	---	--

		concreto. Disponibilidad de equipo de extinción de incendios, en lugar de actividades.
--	--	--

5.1 El robot dispone de un brazo articulado que permite proyectar en altura y alcanzar cualquier lugar de la galería. Se maneja con un mando tipo joystick por parte del operario. De este modo, se facilitan considerablemente las labores en secciones grandes minimizando los riesgos de la operación. La proyección consistirá en la alimentación de la tolva del robot del concreto, mediante vertido directo desde camión o alimentación mediante tubería (excepcionalmente) y proyección con Robot de la marca Meyco ME5 o similar.



5.2 La mezcla eyectada por la bomba de concreto se transportará por sistema de tuberías y de mangueras flexibles con Ø2" interiores para las aplicaciones manuales y de Ø2½" o Ø3" interiores para las aplicaciones con robot, unidas entre sí por abrazaderas de tipo rápido, que faciliten la operación su mantenimiento.

5.3 La superficie excavada del terreno o la superficie de la capa de concreto neumático colocado con anterioridad será limpiada cuidadosamente de todo resto de material suelto, mediante un chorro de aire y agua a presión, y siempre que la obra subterránea atravesase sectores con presencia e infiltración de agua, estas se captarán y evacuarán, para lo que se instalarán elementos tales como canaletas, tubos de drenaje, o mangueras para la conducción del agua, así como chapas, membranas o cualquier otro elemento apropiado para la captación y el drenaje del agua y la prevención de su contacto con el concreto neumático recién colocado.

5.4 En donde la situación hidrogeológica lo requiera, se harán Perforaciones de Drenaje en el concreto neumático, con objeto de prevenir la acumulación de agua y generación de presión hidrostática sobre el mismo.

5.5 La proyección del concreto se hará mediante movimientos uniformes y continuos, generados por un mecanismo especial instado en el extremo del brazo del robot, aplicándose espesores sucesivos de 5 cm a 10 cm, para lograr una superficie compacta, homogénea y de apariencia cerrada. El espesor máximo de una capa de concreto neumático no excederá los 10 cm. Cuando se requieran espesores mayores, la capa subsiguiente no será aplicada antes de que la capa previa haya desarrollado suficiente resistencia para evitar su desprendimiento y para poder soportar el peso de la capa adicional.

5.6 La dosificación del acelerante de fraguado será determinada mediante los ensayos de aptitud, y podrá ser modificada durante el transcurso de la actividad, de modo que se adapte a las condiciones cambiantes de aplicación del concreto lanzado. Dentro de las condiciones que puedan conducir a cambios de dosificación están: la posición de la superficie de proyección, las variaciones de la temperatura y humedad del ambiente, posibles ingresos de agua y condiciones geológicas cambiantes.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1 Edición: 1 Página 31 de 44
---	--	--

5.7 Instalación de malla electrosoldada: La malla electrosoldada se instalará lo más cerca posible a la superficie de excavación o de la capa inicial de concreto Neumático, fijándola firmemente para prevenir vibración y los cambios de posición cuando reciba el concreto Neumático. El traslape de la malla será de dos cuadros en dirección del perímetro del túnel y de un cuadro en dirección de la longitud del túnel.

6.4.- HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- Bombas de concreto tipo Robojet marca Atlas Copco MEYCO ME-5 o un equivalente para aplicación en túnel.
- Bomba de Concreto Tipo Allentown PC20 o equivalente, con apoyo de un Telehandler para aplicación en altura.
- Bomba Peristáltica para dosificación de aditivo acelerante líquido.
- Compresor para el suministro del aire comprimido de expulsión con capacidad mínima de 185 PCM. a 60~80 psi.

6.5.- ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

La actividad de instalación de concreto neumático genera riesgos relevantes para el personal involucrado de forma directa en la tarea y al personal circundante, por lo tanto, se deben tener todas las precauciones necesarias para evitar lesiones, de acuerdo a la matriz de peligro, riesgo y medidas de control.

Previo al inicio de las labores de lanzamiento de concreto se establecerá en el centro de trabajo, de forma coordinada con el cliente, el empleo del tablero reloj de fases de trabajo de la excavación subterránea.

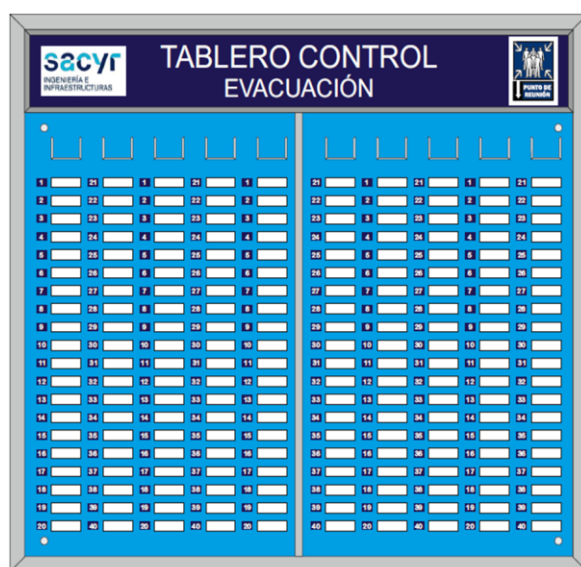


La diagramación y fases serán divulgadas a todo el personal como parte de la inducción general y de la inducción para el ingreso al túnel; el manejo del reloj de fases será responsabilidad de un solo cargo (1 sola persona por turno).

Para el cambio de fases y la autorización de ingreso al túnel es necesario el empleo de los equipos de monitoreo ambiental para verificar condiciones de seguridad (Medidor de velocidad de aire, metanometro, medidor de monóxido de carbono).

Para el control de ingreso de personas al interior del túnel. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Bodega ubicada en el portal del túnel.
- Para evitar el ingreso no autorizado a los túneles, debe colocarse en el portal de entrada una cadena o una talanquera que bloquee la entrada.
- Casillero, instalado en la bodega del túnel (Identifica las personas que están al interior del túnel).
- Usar todos los equipos de protección personal exigidos para labores subterráneas.
- Libro control de visitas.
- Relación de trabajadores autorizados para ingresar a los túneles.
- Relación de equipos móviles autorizados para ingresar a los túneles.
- Colocar su documento de identidad en el casillero respectivo
- Exigir compañía permanente de un guía, el cual debe estar autorizado por el Residente de túnel o Inspector de SST
- Acatar las recomendaciones impartidas en la guía.
- Retirar el Carnet de identificación del casillero respectivo comunicando al bodeguero.
- Registrar la salida en libro de visita.



- El personal que ingrese a laborar en el área deberá contar con inducción de Sacyr en cumplimiento del plan SST (PL-SST.10.BB3012002-CO) para el CLEP, donde se ha realizado notificación de general de riesgos, peligros y socializado las medidas de control a implementar para evitar accidentes e incidentes de trabajo.
- La naturaleza de la tarea implica efectuar actividades manuales y mecánicas con la utilización de los equipos previamente mencionados, sin embargo, dicho personal deberá portar de forma permanente los EPP básicos según la matriz de cargo y para exposición a riesgos específicos.

- Para la maniobra de maquinaria y equipo, sólo se autorizará al personal calificado para su operación, teniendo en cuenta las medidas de alistamiento y preparación: inspección y verificación de estado, cumplimiento de permisos, AST y listas de chequeo, y socialización de la actividad a desarrollar.
- Antes de iniciar cualquier actividad el área debe estar delimitada y demarcada para prevenir la entrada de personas al radio de acción de la tarea
- El equipo deberá disponer de los medios preventivos y/o correctivos para controlar la contaminación por fugas o labores de operación de maquinaria. Cualquier irregularidad identificada con equipos y maquinaria deberá ser reportada a personal mecánico para su corrección.
- Si se detecta cualquier falla de control que atente contra la integridad de las personas, equipos o ambiente, esta podrá ser suspendida por cualquier persona relacionada al proyecto o que haga parte de SACYR, contratistas y/o funcionarios de AES
- Cumplimiento del programa de inspecciones para equipos mayores, menores y maquinaria-vehículos, teniendo en cuenta directriz código de colores, así:

COLOR	MES		
AMARILLO	ENE	MAY	SEP
ROJO	FEB	JUN	OCT
VERDE	MAR	JUL	NOV
BLANCO	ABR	AGO	DIC
AZUL	INMOVILIZADO		

Con una revisión de forma periódica (Mensual), al igual cada vez que el equipo o maquinaria ingrese al proyecto.

- Se dispondrá de señalización preventiva e informativa acerca de programas y/o actividades que se desarrollen en el lugar o área de intervención.
- Para el caso que aplique, se instalarán señales de peligro específicas al riesgo expuesto.

	MANUAL DE TÉCNICO Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1 Edición: 1 Página 34 de 44
---	--	---



- Señales de prohibición, relacionadas con:
- Señales de protección contra incendios:



- Señales de evacuación relacionadas con:



- Con respecto a productos químicos, rombo de la NFPA:

DIAMANTE DE PELIGRO O ROMBO NFPA 704	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO	CÓDIGO DE RIESGO DE INFLAMABILIDAD
	CÓDIGO DE RIESGO PARA LA SALUD 0 Como material común 1 Ligeramente peligroso 2 Peligroso. Utilizar aparato para respirar 3 Extremadamente peligroso. Usar vestimenta totalmente protectora 4 Demasiado peligroso que penetre vapor o líquido.	CÓDIGO DE RIESGO DE INFLAMABILIDAD 0 Materiales que no arden 1 Deben precalentarse para arder 2 Entra en ignición al calentarse moderadamente 3 Entra en ignición a temperaturas normales 4 Extremadamente inflamable
	CÓDIGO RIESGO DE REACTIVIDAD 0 Estable totalmente 1 Inestable si se calienta. Tome precauciones normales 2 Posibilidad de cambio químico violento. Utilice mangueras a distancia 3 Puede detonar por fuerte golpe o calor. Utilice monitores detrás de las barreras resistentes a la explosión 4 Puede detonar. Evacue la zona si los materiales están expuestos al fuego.	CÓDIGO RIESGO INFORMACIÓN ESPECIAL W Sustancia reactiva con el agua OXY Sustancia peligrosa por ser muy oxidante.

Para la manipulación de los productos químicos se debe cumplir con las instrucciones del SGA (Sistema Globalmente Armonizado).

SGA

TIPO DE RIESGO Y PICTOGRAMAS
Sistema Globalmente Armonizado


SRT
República Dominicana
Superintendencia de Trabajo

 SGA 01 Explosivo. Autorreactivo. Peróxido Orgánico.	 SGA 02 Inflamable. Autorreactivo. Pirofórico. Experimenta calentamiento espontáneo. Emite gases inflamables. Peróxido orgánico.	 SGA 03 Comburente
 SGA 04 Gas a presión	 SGA 05 Corrosivo para los metales Corrosivo cutáneo Lesiones oculares graves	 SGA 06 Toxicidad aguda.
 SGA 07 Toxicidad aguda. Iritación cutánea / ocular. Sensibilización cutánea Toxicidad específica de órganos Diana (exposiciones reiteradas). Peligros para la capa de ozono	 SGA 08 Carcinógeno (Cancerígeno). Sensibilización respiratoria. Toxicidad para la reproducción. Toxicidad específica de órganos Diana (exposiciones reiteradas). Mutagenicidad en células germinales. Peligro por aspiración.	 SGA 09 Toxicidad acuática aguda. Toxicidad acuática crónica.

SGA1/300.200

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 36 de 44

Para el desarrollo de la actividad y los cargos involucrados es necesario se cumpla con la matriz de EPP, relacionada a continuación:

TIPO DE PROTECCIÓN O DOTACIÓN	CABEZA, FACIAL Y VISUAL						AUDITIVA		RESPIRATORIA					CUERPO - MANOS										PIES								
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)	CASCO DE SEGURIDAD (DIELECTRICO) ANSI Z-89.1 de 1997	ANTEOJOS DE SEGURIDAD LENTE GRIS ANSI 287.1 DE 1989	ANTEOJOS DE SEGURIDAD LENTE OSCURO - ANSI 287.1.	ANTEOJOS DE SEGURIDAD LENTE CLARO - ANSI 287.1.	Monogafas de seguridad para labores de pintura . ANSI Z.87.1 - Z.94.3	CARETA FACIAL TIPO BRAKEST (ADAPTABLE A CASCO) CON ACETATO TRANSPARENTE PARA PROYECCIÓN DE PARTICULAS (ANSI Z 87.1 DE 1989)	CARETA SOLDADOR ANSI Z 87.1 DE 1989	INSERCIÓN DE SILICONA CON CORDON (NRR 20 Db) ANSI Z 3.19 de 1974	TIPO COPA (ADAPTABLE A CASCO (NRR 20 Db) ANSI Z 3.19	MASCARILLA PARA MATERIAL PARTICULADO - TAPABOCAS NIOSH.42, CFR 84	MASCARILLA BAJA CONCENTRACIÓN SOLDADURA CON VALVULA Y CARBON ACTIVADO REF 3M. N-95. - NIOSH.42, CFR 84	MASCARILLA MEDIA CARA PARA CARTUCHO GASES, MAT. PARTICULADO Y VAPORES - NIOSH.42, CFR 84 - 3M SERIE 6000	CARTUCHOS QUÍMICOS PARA VAPORES, GASES, HUMO METALICO, PARA MASCARA MEDIA CARA (3M SERIE 6000. REF. 6003)	CARTUCHO PARA MASCARA MEDIA CARA, PARA MATERIAL PARTICULADO (3m - REF P-100)	CHALECO NARANJA CON REFLECTIVO ANSI/ISEA 107-2004	MONIA PARA PROTECCION CARA, CABEZA	TRAJE IMPERMEABLE EN CAUCHO (PANTALON CAMISA)	TRAJE DE PROTECCION QUIMICA. TIPO A - TYVEX	PETO - MANGAS, POLAINAS DE CARNAZA	PETO Y MANGAS PLÁSTICAS Ó EN TYVEC	ARNES DE SEGURIDAD (CSA Z259.1.0-M90 Y ANSI Z399.1)	ESLINGA EN "YE" PARA ARENES DE SEGURIDAD, 1.80 MT GRADUABLE (ANSI A10.14)	GUANTE VAQUETA	GUANTES DE HILO CON PUNTOS DE PVC	GUANTES DE LÁTEX	GUANTE DE CAUCHO	CHALECO SALVAVIDAS TIPO CHAQUETA CON REFLECTIVO	GUANTES PARA SOLDADOR	GUANTES DE NITRIL	BOTA DE SEGURIDAD EN CUERO CON PUNTERA	BOTAS DE SEGURIDAD CON PUNTERA DIELECTRICA	BOTA CAUCHO CON PUNTERA
	CARGO																															
	PERSONAL SST Y AMBIENTAL	X	X						X	X	X					X		X				X	X				X ⁵			X		X
	ALMACENISTA, AUXILIAR DE ALMACÉN	X		X					X		X					X						X					X ⁵		X ⁴	X		
	MAESTRO, OFICIAL, JEFES DE TURNO	X		X					X		X					X		X	X			X	X	X			X ⁵			X		X
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	X		X						X ¹ , X ²	X					X		X						X			X ⁵			X		X
	ELECTRICISTA, AYUDANTE ELECTRICISTA	X		X					X							X	X					X	X				X ⁵					X
	AYUDANTES DE CONSTRUCCION	X		X			X ²		X	X ³	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X ⁵	X	X ⁴	X		X
CONDUCTORES	X	X								X					X									X			X ⁵			X		X
VISITANTES FRENTE DE OBRA	X	X													X												X ⁵			X		X

X¹

Para equipos donde se genere proyección de partículas

X²

En los casos en que realicen corte con la cortadora o sierra

X³

Para aquellos que manipulan el martillo neumático o cualquier equipo menor

X⁴

En aquellos casos que utilicen Sustancias Químicas fuertes como el ACPM

X⁵

En aquellos casos que esté expuesto a caída al agua (mar) durante el traslado en lanchas o remolcadores, trabajo sobre barcasas ó actividades sobre pilotes o plataformas

	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 37 de 44

6.6.- ASPECTOS AMBIENTALES

- En el momento de desarrollar las actividades del procedimiento para la instalación de concreto neumático, se debe tener en cuenta lo descrito en el Plan de Manejo Ambiental del proyecto con las fichas ambientales, la Resolución 1463 del 2017 y lo planteado en la Guía Ambiental y Social.

MEDIO	PROGRAMA	FECHA	
		CODIGO	NOMBRE
ABIÓTICO	Programa de manejo y control del componente atmosférico	CONS/FIS-01	Control de emisiones atmosféricas
	Programa de manejo y control de emisión de ruido y vibraciones	CONS/FIS-02	Control de ruido y vibraciones durante construcción
	Programa de manejo del componente hídrico y geosférico	CONS/FIS-03	Manejo de insumos, materiales y equipos para la construcción
		CONS/FIS-05	Implementación de buenas prácticas durante proceso de excavación de bocatomas y túneles
		CONS/FIS-06	Implementación de buenas prácticas en la planta de preparación de concretos
		CONS/FIS-08	Manejo de aguas de infiltración de túneles
		CONS/FIS-09	Uso eficiente del recurso hídrico
	Programa de manejo y disposición de residuos líquidos	CONS/FIS-10	Manejo y disposición de residuos líquidos domésticos
	Programa de manejo y disposición de residuos sólidos	CONS/FIS-11	Manejo y disposición de residuos peligroso y no peligrosos

- Verificación del preoperacional de la máquina que realizara el traslado de concreto (mixer), el equipo de entrega de concreto lanzado, Bombas de concreto tipo Robojet marca Atlas Copco MEYCO ME-5 o un equivalente para aplicación en túnel.
- Verificación del estado de los equipos: Bomba de Concreto Tipo Allentown PC20 o equivalente, con apoyo de un Telehandler para aplicación en altura, la Bomba Peristáltica para dosificación de aditivo acelerante líquido y el compresor.
- En el momento de utilizar la bomba para el concreto lanzado, se debe aislar el recurso suelo con material (plástico), para evitar que este se contamine el suelo.
- Se cumplirá con el manejo ambiental de las zonas de trabajo, prestándose especial atención a los residuos para su respectivo manejo, recolección y envío al lugar de disposición según lo establecido dentro del plan de manejo ambiental en la ficha CONS/FIS-11 y lo establecido en el documento PGAMB-BB012002-05/ED.1, el Plan de Manejo Integral de Residuos.
- Los Fosos de lavado de mixer, se construirán en suelo, los cuales serán revestidos en cemento u otro material que evite fugas o infiltraciones en el suelo; dichos fosos cumplirán simultáneamente con la función de sedimentador y evaporador de agua, ya que, por acción de la gravedad, los sedimentos se depositan en el fondo de este, mientras que el agua se evapora. Una

	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 38 de 44

vez se ha llenado el foso, el material depositado se retira como escombros. construir fosos con dimensiones aproximadas de 1.8 a 2.5 m de profundidad, 4,0 a 5.0 m de ancho y 4,0 a 5.0 m de largo, esta puede cambiar dependiendo de la necesidad de la obra,

- Control del área de limpieza de la zona donde se realiza el descargue del residuo de concreto y lavado de los tambores de mixer concreto. Después del proceso constructivo, el concreto residual sobrante es alrededor del 2%, el cual se encuentra en el tambor del mixer. Este material debe ser descargado para efectuar la respectiva limpieza dentro del vehículo y evitar que se colmate el material en los carros de transporte de concreto.
- Verificación del preoperacional de la máquina que realizara las actividades de construcción y adecuación del zodme formato entregado por SST.
- Se cumplirá con el manejo ambiental de las zonas de trabajo, prestándose especial atención a los residuos para su respectivo manejo, recolección y envío al lugar de disposición según lo establecido dentro del plan de manejo ambiental en la ficha CONS/FIS-11 y lo establecido en el documento PGAMB-BB012002-05/ED.1, el Plan de Manejo Integral de Residuos.
- Impartir la concientización mediante charlas cortas al personal según la ficha CONS/SE-04 sobre diferentes temas ambientales, al menos dos veces a la semana. Tener en cuenta lo establecido dentro del documento PGAMB-BB012002-04/ED.1, el Plan de Educación Ambiental.
- Inspeccionar y evaluar periódicamente los ambientes de trabajo, para que las actividades se desarrollen bajo condiciones seguras, teniendo en cuenta que se deben establecer las jornadas de orden y aseo al finalizar la jornada laboral, a través del formato PGAMB-BB012002.01-F.08
- A través del Plan de implementación de manejo ambiental-PIMA, se relaciona el trabajo a las diferentes fichas: CONS/FIS-05. Implementación de buenas prácticas durante el proceso de excavación en bocatomas y túneles. La ficha CONS/FIS-06. Implementación de buenas prácticas en la planta de preparación de concretos. la ficha CONS/FIS-08- Manejo de aguas de infiltración de túneles.
- El agua contaminada por los sedimentos de las excavaciones realizadas por medios mecánicos o voladuras, serán conducidos a través de mangueras a los tanques de sedimentación, y de allí a la PTARI, para dar el manejo de las aguas con los productos químicos de coagulante y floculante. Establecido en el documento de Plan de manejo de aguas industriales PGAMB-BB012002-09/ED.1.
- El agua al estar afectada por el concreto en el proceso de sostenimiento de los taludes será conducida a través de canales a un tanque sedimentador y de allí a la PTARI, para la respectiva aplicación de un corrector de Ph, para regular y poder verter en el punto autorizado.
- Inspeccionar y evaluar periódicamente los ambientes de trabajo, para que las actividades se desarrollen bajo condiciones seguras, teniendo en cuenta que se deben establecer las jornadas de orden y aseo al finalizar la jornada laboral, a través del formato PGAMB-BB012002.01-F.08

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 39 de 44

MATRIZ AMBIENTAL INSTALACION DE CONCRETO NEUMATICO							
Fase-Actividad	Elemento(s)	Aspecto Ambiental	Descripción Aspecto	Impacto Ambiental	Descripción Impacto Ambiental	Carácter	Control
MATERIALES	Suelo	Consumo de insumos	Cemento, hierro, sustancias químicas (Aditivos de concreto)	Agotamiento de los recursos naturales	Materiales empleados	(-)	1. Capacitar al personal sobre el consumo de insumos y buenas prácticas en la construcción. 2.Criterio de buenas compras ambientales.
	Suelo/agua	Generación de residuos peligros	(cemento, aditivos)	Contaminación suelo/agua	Por producto químicos	(-)	1. Mantener las sustancias químicas en un dique de contención de 110%. 2. Identificación de la sustancia según el SGA de producto químicos. 3. Capacitar al personal sobre el manejo de sustancias químicas. 4.Contar con kit control derrame de sustancias químicas. 5.Porgrama y planes enfocados al tema de manejo de sustancias.
PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE	Agua	Consumo de agua	Para el mezclado	Agotamiento de los recursos naturales	En la utilización para la maquinaria	(-)	1.Permiso de captación 2.PTARI 3.Planes y programas enfocadas al manejo de agua-PUEAA
	Agua / suelo	Generación de vertimiento	Vertimiento industrial	Contaminación del agua/suelo	Por sedimentos y cemento.	(-)	1.PTARI 2. Planes y programas al manejo de agua-PUEAA.
	Suelo	Consumo de insumos	Sustancias químicas, hidrocarburo	Contaminación del suelo	Materiales empleados	(-)	1. Mantener las sustancias químicas en un dique de contención de 110%. 2. Identificación de la sustancia según el SGA de producto químicos. 3. Capacitar al personal sobre el manejo de sustancias químicas. 4.Contar con kit control derrame de

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 40 de 44

MATRIZ AMBIENTAL INSTALACION DE CONCRETO NEUMATICO							
Fase-Actividad	Elemento(s)	Aspecto Ambiental	Descripción Aspecto	Impacto Ambiental	Descripción Impacto Ambiental	Carácter	Control
							sustancias químicas. 5.Porgrama y planes enfocados al tema
BOMBAS PARA LA APLICACIÓN DEL CONCRETO	Suelo	Consumo de insumos	Cemento, sustancias químicas(aditivos-concretos)	Agotamiento de los recursos naturales	Materiales empleados	(-)	1. Capacitar al personal sobre el consumo de insumos y buenas prácticas en la construcción. 2.Criterio de buenas compras ambientales
	Suelo/agua	Generación de residuos peligros	(cemento, aditivos)	Contaminación suelo/agua	Por producto químicos	(-)	1. Mantener las sustancias químicas en un dique de contención de 110%. 2. Identificación de la sustancia según el SGA de producto químicos. 3. Capacitar al personal sobre el manejo de sustancias químicas. 4.Contar con kit control derrame de sustancias químicas. 5.Porgrama y planes enfocados al tema.
APLICACIÓN DE CONCRETO CON BOMBA ESTACIONARIA	Agua	Consumo de agua	Para la perforación	Agotamiento de los recursos naturales	En la utilización para la maquinaria	(-)	1.Permiso de captación 2.PTARI 3.Planes y programas enfocado a manejo de agua-PUEAA.
	Suelo	Consumo de insumos	Cemento, hierro, sustancias químicas,	Agotamiento de los recursos naturales	Materiales empleados	(-)	1. Capacitar al personal sobre el consumo de insumos y buenas prácticas en la construcción. 2.Criterio de buenas compras ambientales

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO		PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO		Edición: 1 Página 41 de 44

MATRIZ AMBIENTAL INSTALACION DE CONCRETO NEUMATICO							
Fase-Actividad	Elemento(s)	Aspecto Ambiental	Descripción Aspecto	Impacto Ambiental	Descripción Impacto Ambiental	Carácter	Control
	Agua / suelo	Generación de vertimiento	Vertimiento industrial	Contaminación del agua/suelo	Por sedimentos y cemento.	(-)	1.. PTARI 2. Planes y programas
	Aire	Generación de emisión	Debido al proceso de utilización de equipos	Contaminación de aire	Por material particulado.	(-)	1. Sistema de ventilación 2. Planes y programas 3. Capacitaciones.
APLICACIÓN DE CONCRETO CON BOMBA NEUMATICA	Agua / suelo	Generación de vertimiento	Vertimiento industrial	Contaminación del agua/suelo	Por sedimentos y cemento.	(-)	1.. PTARI 2. Planes y programas
	Suelo/agua	Generación de residuos aprovechables	No peligrosos (material inerte)	Disminución de la afectación al medio ambiente	Material reutilizable en el zodme	(+)	1. Capacitar al personal sobre manejo residuos. 2. Clasificación en la fuentes y acopio temporal.
	Suelo/agua	Generación de residuos peligros	(cemento, aditivos)	Contaminación suelo/agua	Por producto químicos	(-)	1. Mantener las sustancias químicas en un dique de contención de 110%. 2. Identificación de la sustancia según el SGA de producto químicos. 3. Capacitar al personal sobre el manejo de sustancias químicas. 4. Contar con kit control derrame de sustancias químicas. 5. Programa y planes enfocados al tema.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO		PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO		Edición: 1 Página 42 de 44

MATRIZ AMBIENTAL INSTALACION DE CONCRETO NEUMATICO							
Fase-Actividad	Elemento(s)	Aspecto Ambiental	Descripción Aspecto	Impacto Ambiental	Descripción Impacto Ambiental	Carácter	Control
USO DE EQUIPOS Y MAQUINARIA	Agua/Suelo	Potenciales de fugas y derrames en cuerpos de agua	Operación de equipos	Contaminación del recurso suelo/agua	Utilización de la maquinaria	(-)	1. Mantenimiento preventivo y correctivo.
	Aire	Generación de emisión	Uso de combustibles fósiles	Contaminación del recurso aire	Disminución de la calidad de aire	(-)	1. Mantenimiento preventivo y correctivo.
	Aire	Incremento en los niveles de presión sonora	Debido al uso de maquinaria-vehículos (combustible)	Incomodidad	Incremento de emisión sonora	(-)	1. Mantenimiento preventivo y correctivo
	Energía	Consumo de energía	Debido al uso de maquinaria-vehículos (combustible)	Agotamiento de los recursos naturales	Aumento de consumo de energía	(-)	1. Mantenimiento preventivo y correctivo
SITUACION DE EMERGENCIA	Suelo/agua	Generación de residuos peligros	(cemento, aditivos)	Contaminación suelo/agua	Por producto químicos	(-)	1. Mantener las sustancias químicas en un dique de contención de 110%. 2. Identificación de la sustancia según el SGA de producto químicos. 3. Capacitar al personal sobre el manejo de sustancias químicas. 4. Contar con kit control derrame de sustancias químicas. 5. Programa y planes enfocados al tema de productos químicos.

 INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 43 de 44

MATRIZ AMBIENTAL INSTALACION DE CONCRETO NEUMATICO							
Fase-Actividad	Elemento(s)	Aspecto Ambiental	Descripción Aspecto	Impacto Ambiental	Descripción Impacto Ambiental	Carácter	Control
	Suelo/agua	Derrame de Combustible	(ACPM)	Contaminación suelo/agua	Por Hidrocarburos	(-)	1. Mantener las sustancias químicas en un dique de contención de 110%. 2. Identificación de la sustancia según el SGA de producto químicos. 3. Capacitar al personal sobre el manejo de sustancias químicas. 4. Contar con kit control derrame de sustancias químicas. 5. Programa y planes enfocados al tema de manejo de sustancias.

Nota: Para mayor detalle e información ver la Matriz General de Aspectos e Impactos Ambientales **PGAMB-BB012002.01-F.23**.

	MANUAL DE TÉCNICO	PG.01.01-F.01 /Ed.1
	Procedimiento: PTO.04.34-CO INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO	Edición: 1 Página 44 de 44

7.- FORMATOS

- IT.10.07.04-CO-F.04. Análisis seguro de trabajo AST
- BB012002.PG.10.07.CO.F01 “Inspección preoperacional de maquinaria y vehículos”.
- PTO.04.34-CO-F.01. “Registro de aplicación de concreto lanzado en túnel”.
- PTO.04.34-CO-F.02. “Aplicación de concreto lanzado sobre paneles de prueba”.
- PTO.04.34-CO-F.03. “Perforaciones para control de espesores en concreto lanzado”.
- PTO.04.34-CO-F.04. “Registro de la extracción de núcleos en concreto lanzado”.
- PTO.04.34-CO-F.05. “Liberación para concreto lanzado”.

8.- DIAGRAMAS

- Este apartado no es de aplicación a este Procedimiento.

9.- ANEXO

- Este apartado no es de aplicación a este Procedimiento.

Mk 12-6

Mk 12-6 es una adición puzolánica de última generación, es un metahacalín activado térmicamente especialmente diseñado para lograr un gran incremento en las resistencias a edades tempranas del concreto premezclado

Mk 12-6 debe emplearse solo, sin aditivos, ya que permite la producción de una amplia variedad de concretos desde mezclas con bajo asentamiento hasta concretos de alto asentamiento y fluidez con un excelente control de los tiempos de fraguado.

Mk 12-6 permite la obtención de concretos de gran fluidez sin afectar el tiempo de manejabilidad ni el fraguado inicial. **Mk 12-6** es compatible con todos los tipos de cemento.

Propiedades

- ✓ Permite obtener unas altas resistencias iniciales
- ✓ Reduce la absorción.
- ✓ Alto poder reductor de agua
- ✓ Permite producción de todos los tipos de concreto
- ✓ Mejora la durabilidad del concreto.
- ✓ Mejora el aspecto del concreto.
- ✓ Mejora el terminado.
- ✓ Mejora la manejabilidad sin retraso de fraguado.
- ✓ Permite un sustancial ahorro de cemento.

Mk 12-6 es recomendado para

- ✓ Concretos prefabricados que requieran altas resistencias iniciales
- ✓ Concretos preesforzados
- ✓ Concretos cohesivos.

Modo de utilización

Mk 12-6 se adiciona al concreto simultáneamente con los cementantes en planta premezcladora ,con un tiempo de mezclado suficiente hasta la total homogeneización del producto.

Se deben realizar previamente las pruebas tendientes a lograr la mejor dosificación del producto así como el correcto mezclado.

Dosificación

La dosificación habitual de **Mk 12-6** es del 2–15% sobre peso de cemento, según deseo del incremento de la resistencia inicial así como mejora en la trabajabilidad y permeabilidad. Se requieren ensayos previos que permitan determinar la dosificación óptima para cada mezcla.

*. Prueba realizada en condiciones de laboratorio , con cemento tipo III, mezcla con 320 kg de cementante, relación agregado grueso/ fino 0,42, relación agua/cemento 0,56

Recomendaciones

- ✓ Determine la dosis adecuada con ensayos previos
- ✓ Se debe ajustar el diseño para mantener la homogeneidad de la mezcla.
- ✓ La granulometría de los agregados debe ser continua.
- ✓ No debe adicionarse en conjunto con aditivos.

Especificaciones Técnicas

Densidad: 1.25 gr/cm³ (+-.2).
Apariencia: polvo, escamas, grageas
Color: Café Claro a gris oscuro
Humedad : menor al 3 % en el momento de producción
Olor: característico
Ph : 12
Temperatura de almacenamiento: 5 a 33 °c
Humedad ambiental de almacenamiento: 70%
Tiempo de almacenamiento en condiciones optimas: 2 meses

Este producto tiende a absorber agua rápidamente por lo que se recomienda mantener los recipientes cerrados.

Limpieza

Los equipos pueden limpiarse con abundante agua, los residuos deben disponerse adecuadamente.

Presentación

Mk 12-6 se entrega en empaque plástico predosificado a solicitud del cliente.

Almacenamiento

Almacenar en envases herméticamente cerrados y protegidos de temperaturas y humedad extremas., **Mk 12-6** puede conservarse hasta 2 meses.

Manipulación y transporte

Para su manipulación usar gafas y guantes y ropa protectora, según la ficha de seguridad. Lavarse las manos después de su manipulación. No comer, beber y fumar durante la aplicación. La eliminación del residuos del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final.