

# PROCESO CONSTRUCTIVO Y CUANTIFICACIÓN DEL TUNEL EN SAN TIBURCIO, MAZAPIL DEL ESTADO DE ZACATECAS

**CARLOS MORALES TEPECO**

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Facultad de ingeniería Chilpancingo de los Bravo Guerrero. 747-151-1119. C.P.41126 charliemorls1@gmail.com

**ING. VAZQUEZ JIMÉNEZ FRANCISCO JAVIER**

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Facultad de ingeniería Chilpancingo de los Bravo Guerrero. 747-100-2804 C.P. 39087 04118@uagro.mx

**ING. DIONICIO APREZA JOSE LUIS**

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Facultad de ingeniería Chilpancingo de los Bravo Guerrero. 747-119-1590 C.P. 39087 02518@uagro.mx

**M.I.S. DANIEL DELGADO DE LA TORRE**

Av. Lázaro Cárdenas s/n, C.U. Zona Sur, Facultad de ingeniería Chilpancingo de los Bravo Guerrero. 747-529-0564 C.P. 39087 13702@uagro.mx

## **ABSTRACT**

A tunnel is a linear underground work that connects two points for the transport of people or materials. It is usually artificial, of its own design and manufacture, and the conveyor belts are efficient and simple to operate for different volume needs, types of materials and operating conditions, they are used for handling bulk materials between two distant points and at different levels of operation.

The construction of the reclamation tunnel is a transporter in a mining work, its purpose is to collect material to later send it to other areas to the leaching yard, it is important to know the construction process, which is presented briefly, but is more detailed. In terms of quantification, since the interpretation of the project is important, the sketches and generating numbers are detailed as best as possible for a better understanding of it.

The objective of this article is to present the details of the quantification of a tunnel for those interested in this topic.

## **RESUMEN**

Un túnel es un proyecto subterráneo de carácter lineal que conecta dos puntos para el transporte de personas o materiales. Generalmente diseñadas y fabricadas manualmente, las bandas transportadoras tienen operaciones eficientes y simples para diferentes requisitos de volumen, tipos de materiales y condiciones de operación. Son utilizados para el manejo de materiales a granel entre dos puntos remotos y en diferentes niveles de operación.

La construcción del túnel de reclamo es un transportador en una obra minera tiene como finalidad la captación de material para posteriormente enviarlo a otras áreas hasta el patio de lixiviación es importante conocer el proceso constructivo el cual se presenta de una manera breve, pero más se detalla en cuanto a la cuantificación ya que es importante la interpretación del proyecto así mismo se detallan lo mejor posible los croquis y números generadores para un mejor entendimiento de esta.

El objetivo de este artículo es presentar los detalles de la cuantificación de un túnel para los interesados en este tema.

## **KEYWORDS**

Leaching pad, reclamation tunnel, sketch, generator number.

**PALABRAS RESERVADAS**

Patio de lixiviación, túnel de reclamo, croquis, numero generador.

## INTRODUCCIÓN

La cuantificación del túnel cuenta con varios detalles la cual se especifica en los planos, se obtienen volúmenes de plantilla, concreto para losas, zapatas y muros, así mismo el acero de refuerzo de acuerdo con los planos generales y sus detalles, en los números generadores y los croquis se especifican todos los detalles para su mejor entendimiento, así como una breve explicación sobre su proceso constructivo y normatividad.

Los planos para realizar la obra son las siguientes enumerados con 200-CN-01, 200CN-08 Y 200-CN-09:

**200-CN-01** apilamiento de patio de lixiviación concreto-salida de emergencia en túnel de reclamo

**200-CN-08** apilamiento de patio de lixiviación concreto-salida de emergencia en túnel de reclamo

**200-CN-09** apilamiento de patio de lixiviación concreto-salida de emergencia en túnel de reclamo

estos 3 planos el 01 es el general y los otros son secciones y detalles lo cual están ubicados antes de los números generadores de los volúmenes de obra.

### 1.- NORMATIVIDAD DE TÚNELES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Para las construcciones tienen que seguir varios lineamientos las cuales puedan garantizar la calidad y seguridad de las obras, por ello para la construcción del túnel de reclamo se siguieron varios protocolos de seguridad y de calidad, el proyecto minero es extenso y cuenta con varias áreas teniendo como finalidad la extracción del mineral Au (oro).

Desde la excavación, colocación de concreto, suministro y colocación de acero hasta compactación se siguieron las normas mexicanas para la construcción, garantizando la calidad y seguridad del proyecto.

El proyecto fue realizado por una empresa extranjera el cual tienen como objetivo extraer el mineral AU (oro) y para ello hacen obras grandes y dentro de ellas están los transportadores de las cuales algunas de ellas son:

- transportadores de interconexión en plantas
- transportadores de banda radiales
- transportadores de banda tipo chapulín
- túnel de reclamo
- tipo overlands
- tipo stackers
- banda telescópicas
- tipo inversibles

entre otros. Este artículo se enfoca en el túnel de reclamo y su cuantificación.

Siguiendo con las normas de calidad que son las siguientes:

#### **NORMAS DE CONCRETO PREMEZCLADO**

cemento

- NMX-C-414-ONNCCE-2014 y NMX-C-061-ONNCCE-2015 - cementantes hidráulicos - especificaciones y métodos de ensayo, resistencia a la compresión entre otros detalles.

agua

- NMX-C-122-ONNCCE-2004 y NMX-C-277-2010 - agua para concreto – especificaciones y muestreo.

agregados

- NMX-C-030-ONNCCE-2004 y NMX-C-111-ONNCCE-2014 - agregados -especificaciones de muestreo y métodos de ensayo.

#### Aditivos

Para el caso de los aditivos son varias especificaciones de acuerdo con diferentes tipos de concreto.

- NMX-C-081-1981 - aditivos para concreto curado compuestos líquidos que forman membrana.
- NMX-C-199-1986 - aditivos para concreto y materiales complementarios terminología y clasificación.
- NMX-C-255-2006 - especificaciones, muestreo y métodos de ensayo aditivo químicos concretos.

#### concreto fresco y endurecido

- NOM-C-155-1987, NMX-C-155-ONNCCE-2004 y NMX-C-155-ONNCCE-2015 - concreto hidráulico - especificaciones.
- NMX C-161-ONNCCE-2013 - concreto fresco - muestreo.
- NMX-C-162-ONNCCE-2014 - concreto - determinación de la masa unitaria, rendimiento y contenido de aire del concreto fresco-método gravimétrico.
- NMX-C-160-ONNCCE-2004 - concreto - elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
- NMX-C-109-ONNCCE-2013 - concreto hidráulico - cabeceo de especímenes.
- NMX-C-083-ONNCCE-2014 - concreto - determinación de la resistencia a la compresión de especímenes - método de ensayo.
- NMX-C-157-ONNCCE-2006 - concreto - determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión.
- NMX-C-191-ONNCCE-2015 - concreto - determinación de resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en los tercios del claro.
- NMX-C-435-ONNCCE-2010 - industria de la construcción - concreto hidráulico - determinación de la temperatura del concreto fresco.

#### calidad

- NMX-CC-9001-IMNC-2015 (ISO 9001:2015) - sistemas de gestión de la calidad - requisitos.
- NMX-EC-17025-IMNC-2006 - requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración.

#### **NORMAS DE ACERO DE REFUERZO**

Para las normas de acero estructural aprobadas por la ASTM para secciones estructurales huecas (HSS) son ASTM a500, a501, a618, a847 y la a53. ASTM a53. el acero a53 está disponible en tipos e y s, donde se denota secciones fabricadas con soldadura por resistencia y s indica soldadura sin costura.

## 2.- PROCESO CONSTRUCTIVO

Para la construcción del túnel de reclamo es importante conocer a detalle el procedimiento constructivo para evitar retrasos y seguir puntualmente con el programa de obra.

Para esta construcción se requirió la participación de varios contratistas y todos siguieron el siguiente proceso constructivo:

1. Levantamiento topográfico
2. Trazo y nivelación
3. Excavación
4. Colocación de plantilla ( $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ )
5. Suministro y colocación de acero
6. Colocación de cimbra
7. Suministro y colocación de concreto premezclado  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  en losa
8. Colocación de acero en muros
9. Cimbra en muros
10. Colocación de concreto en muros
11. Colocación de embebidos
12. Colocación de marcos metálicos
13. Relleno y compactación

### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La topografía es el estudio técnico y descriptivo del terreno, examinando la superficie terrestre, teniendo en cuenta las características físicas y geográficas del terreno, pero también sus cambios y alteraciones, conocidos como esta colección de datos o planos, se reflejan en detalle y sirven como herramientas de planificación para edificios y construcciones.



FOTO 1

## LIMPIEZA TRAZO Y NIVELACIÓN

Son actividades que comienzan con la limpieza del terreno de maleza, basura, piedras sueltas, etc. (Fotografías 2.0 y 2.1) y moverlo donde no interfiera con la ejecución del proyecto; dentro del alcance de este concepto también está implícito el perfilado y la instalación horizontal de bancos horizontales y ejes de referencia, que son necesarios para delimitar el área de construcción. de.



FOTO 2.0



FOTO 2.1

LIMPIEZA EN EL ÁREA

## EXCAVACIÓN

Excavación La excavación es el proceso y resultado de remover material del terreno, comenzando desde la capa o estrato más superficial, y continuando hasta la profundidad requerida manual o mecánicamente, para producir depresiones horizontales para diferentes propósitos constructivos (Fotos 3.0-3.5).



FOTO 3.0



FOTO 3.1



FOTO 3.2



FOTO 3.3

EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO



FOTO 3.4



FOTO 3.5

EXCAVACIÓN EN DENTELLONES Y ZAPATAS

## PLANTILLA

La forma de hormigón es una capa de material formada por una mezcla de arena, grava, cemento y agua, colocada sobre la superficie del terreno natural, sobre la que se asientan los cimientos del edificio (fotos 4.1 y 4.2).

El encofrado de hormigón se utiliza para proteger la cimentación de la obra y su función principal es evitar que el hormigón de dichos elementos se contamine, además de crear una superficie nivelada que reduce las irregularidades de la topografía natural y así proporciona un mejor impacto a toda la obra



FOTO 4.1



FOTO 4.2



COLOCACIÓN DE  
PLANTILLAS EN  
LOSA

## SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

Como sugiere su nombre, las barras de acero se utilizan para reforzar estructuras y otros proyectos sujetos a cargas elevadas. El acero está incrustado en el hormigón, lo que le permite resistir los esfuerzos de tracción y compresión.

La habilitación de armaduras es el proceso de someter armaduras según diseño y estructura para generar piezas armadas (foto 5.0). La práctica de cortar y doblar en el sitio de construcción requiere mucha mano de obra. Esto consume mucho tiempo y requiere un gran esfuerzo. La preparación del acero en fábrica elimina pérdidas y frustraciones a la hora de doblar tubos de la mejor manera posible y con una calidad superior.



Habilitado y colocación de  
acero para la losa

## COLOCACIÓN DE CIMBRA

Una vez habilitado y colocado el acero de refuerzo se procede a encofrar o colocar la cimbra para posteriormente colocarle el concreto premezclado (fotos 6.0 y 6.1).

Para esta construcción se utilizó cimbra aparente, pero es necesario conocer los diferentes tipos de cimbras.

En la construcción nos encontramos con muchos elementos de hormigón diferentes y para realizarlos uno de los pasos imprescindibles es colocar y desencofrar para darles forma. Por eso debemos conocer los diferentes tipos que existen, ya que dependiendo del elemento que vayamos a colar y de las especificaciones que nos marque el proyecto, será el tipo de cimbra que emplearemos.



FOTO 6.0 Cimbra y colado de losa



FOTO 6.1 Cimbra y colado de zapata

## COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO

El concreto premezclado se entregó en un sitio determinado que debe llegar con la frecuencia estipulada a su destino y con la calidad adecuada. Es el resultado de la logística propia del proveedor y supervisor de obra.

Al colocar el concreto, se debe evitar:

- retrasos
- segregación
- desperdicios

Para los concretos en zapata, losas y muros se manejan concretos con resistencia de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$



FOTO 7.0



FOTO 7.1

colado de zapatas

Después del colado de la losa de cimentación se procedió al colado de los muros por etapas.



FOTO 7.2 colado de losa

Para cada etapa se emplea lo siguiente:

### 1.-REPLANTEO TOPOGRÁFICO



### 2.- SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO



### 3.- COLOCACIÓN DE CIMBRA



### 4.- COLOCACIÓN DE CONCRETO EN MUROS



Para cada etapa se siguen los 4 pasos mencionados anteriormente hasta llegar al nivel.

### COLOCACIÓN DE EMBEBIDOS

Las vigas incrustadas en el marco son estructuras formadas por semisecciones laminadas o soldadas a placas de acero más anchas, que todavía sirven como alas inferiores. El sistema desarrollado se basa básicamente en la utilización de columnas, vigas y losas de hormigón celular, metálicas o híbridas. Los paneles de nido de abeja se colocan en las alas inferiores de las vigas de sección asimétrica - ala superior de 150-200 mm y ala inferior de 400-500 mm. La estructura con vigas permite alojar conexiones y conductos de ventilación en el reducido espacio entre el suelo y el falso techo.



FOTO 8.0.-COLOCACIÓN DE PLACAS METÁLICAS, EMBEBIDOS AL CONCRETO

## COLOCACIÓN DE MARCOS METÁLICOS

La estructura metálica es un elemento formado por dovelas de vigas de acero estructural en forma de i o de h, en cuyos extremos se sueldan y atornillan placas metálicas para adaptarse a la sección del túnel y soportar la presión ejercida por el terreno circundante, transmitido a través de Los muros y bóvedas se forman densamente con bloques y cuñas de madera entre la estructura metálica, aplicando la carga a los perfiles metálicos.



FOTOS. -COLOCACIÓN DE MARCOS METALICOS POR OTROS CONTRATISTAS

## RELLENO Y COMPACTACIÓN

Una vez terminado la colocación de los marcos se procede a rellenar y compactar.

El relleno, también llamado relleno de compactación antes de la compactación, es un procedimiento realizado en el campo de la construcción para mejorar la altura del perfil de un terreno o para restaurarlo después de la excavación. Es necesario obtener el nivel requerido para diferentes trabajos. Estos rellenos se utilizan a veces como cimientos para edificios y, a veces, como superficies para espacios verdes. Dependiendo del uso previsto, se utilizan diferentes materiales y diferentes grados de compactación.

Para este caso se fue compactando por capas de 20 y con bailarinas hasta una distancia de un metro pegado a los muros ya alejado se utilizó un vibro compactador.



FOTOS. -RELLENO Y COMPACTACIÓN HASTA EL NIVEL DEL TERRENO NATURAL (NTN)

### 3.- VOLUMENES DE OBRA

Los volúmenes se calculan con lo que se conoce como generadores, el cual se puede definir como el proceso mediante el cual se lleva a cabo la cuantificación o volumetría de un concepto de obra debidamente ubicado y referenciado es importante tener presente las especificaciones del proyecto y el detalle del presupuesto para poder generar las cantidades de obra reales. Al final se busca comparar lo presupuestado con lo construido.

Lo importante de este trabajo es detallar como se calculan los volúmenes de los siguientes conceptos, con el detalle requerido para evitar confusiones:

- Plantillas  $f'c=100\text{kg/cm}^2$ (foto 1.0 y foto 1.1)
- Cimbra aparente (foto 1.2 y foto 1.3)
- Concreto premezclado  $f'c=300\text{ kg/cm}^2$  (fotos 1.4 y 1.5)
- Acero de refuerzo (fotos 1.6 y 1.7)



foto 1.0



foto 1.1



foto 1.2



foto 1.3



foto 1.4



foto 1.5

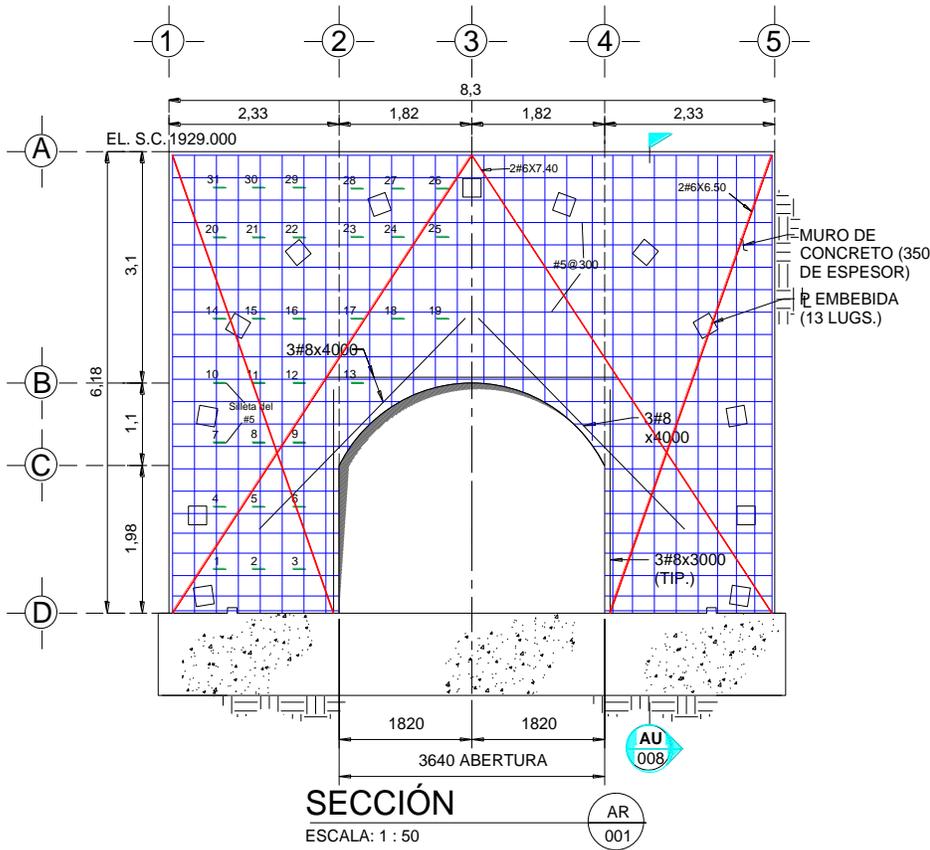


foto 1.6



foto 1.7

Ejemplo de un croquis de acero se localizan los aceros longitudinales, transversales, de refuerzo, ubicación de silletas, grapas, estribos y todo acero colocado.



Cada concepto va debidamente ubicado y referenciado en los croquis y resaltada la parte a generar (fig. 1) y en los números generadores para su mejor entendimiento dejando como objetivo que pueda ser comprendido por cualquier persona que la consulte (tabla 1).

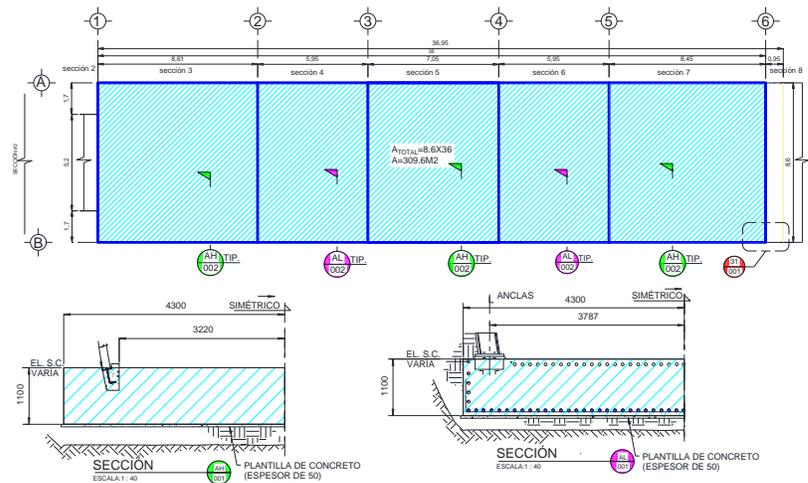
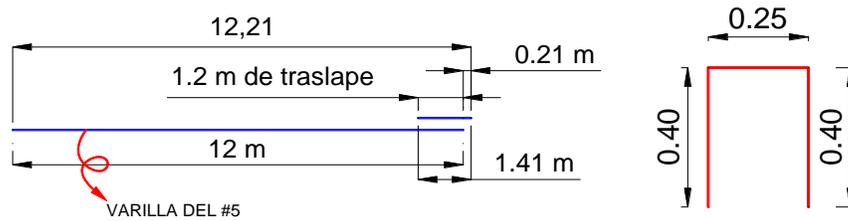


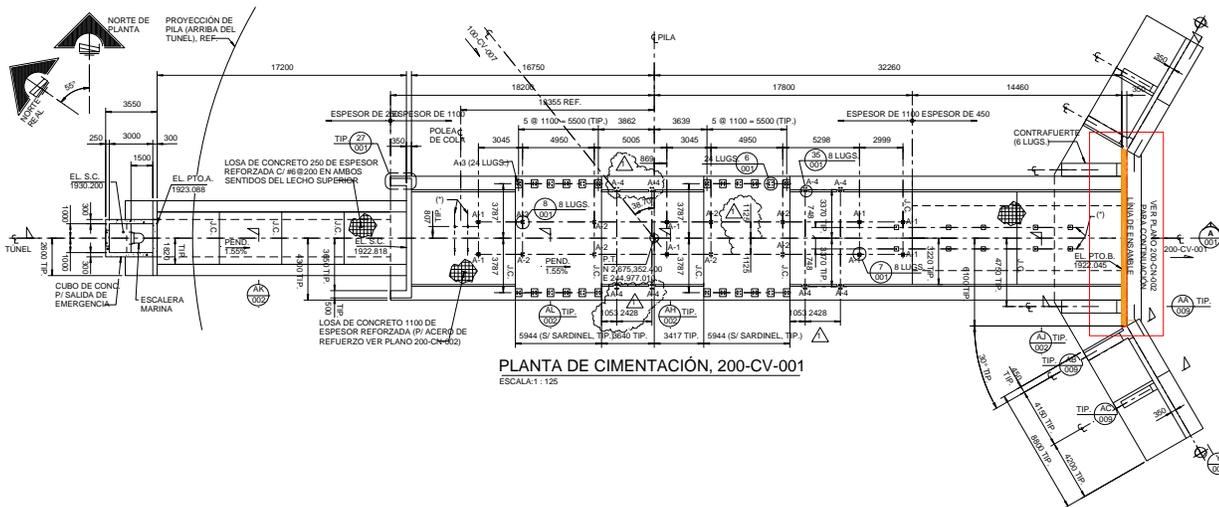
Fig.1, croquis para generar el volumen de la losa



Los croquis de los contrafuertes son detallados a fin para que se comprenda de la manera mas sencilla, marcando longitudes de los estribos. Los dobleces todo especificamente detallado.



Los traslapes igual se especifican las medidas y numeración del acero al igual que las grapas



Así mismo se señalan las áreas donde se están tomando las medidas, esto se aplica para todo desde plantillas hasta acero de refuerzo.

#### 4.- CONCLUSIONES

Se llega a los resultados de los conceptos antes mencionados del túnel de reclamo el cual cuenta con una longitud de más de 70 metros de largo.

En la sig. tabla se muestran los volúmenes obtenidos de los generadores anteriores en base a los planos y sus detalles

Tabla 2.

CONCEPTO	VOLUMEN	UNIDAD
PLANTILLA F'C=100KG/CM2	99.04	M3
CIMBRA APARENTE	1133.66	M2
CONCRETO EN LOSAS, ZAPATAS Y MUROS F'C=300 KG/CM2	804.57	M3
ACERO DE REFUERZO	115096.76	KG

Se esperaba ocupar menos acero, pero generando se llega al resultado que sobrepasa las 100 toneladas. Este error se atribuye a la persona encargada de proyecto más sin embargo se corrigió en su momento esto se debe a que se le colocaron varias silletas, grapas para tener mejor estabilidad así mismo hay algunos que no marca o especifica en el plano, pero más sin embargo se le coloca como acero de refuerzo y todo eso se va a un orden de cambio que se realiza después.

La cuantificación de este tipo de obra represento una gran experiencia. El hecho de compararlo realizado con lo presupuestado genera una responsabilidad y un sentido de precisión en los cálculos que pueden repercutir en el monto presupuestado del proyecto.

### **RECONOCIMIENTOS**

En agradecimiento a ORLA CAMINO ROJO que es un proyecto avanzado de lixiviación en pilas de oxido de alta calidad en una jurisdicción de bajo riesgo el cual nos permitió integrarse y llevar a cabo la construcción de algunas partes del proyecto, ya que es un proyecto que aprovecha la amplia experiencia de exploración, desarrollo de la gerencia y la junta en México.

### **REFERENCIAS**

[1] San tiburcio, mazapil Zacatecas sitio de la construcción.

[2] Orla Camino rojo

<https://clusmin.org/integrantes/minera-camino-rojo-sa-de-cv/>

Área de estimaciones y control de calidad.

[3] Normas de la construcción

<https://normas.imt.mx/normativa/>

[4] Contratistas de la obra

<https://www.fimsa.mx/site/productos/manejo-de-materiales/>