

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE MANUAL DE IMPLANTACIÓN DE UNA

MATRIZ DE RIESGO EN EXCAVACIONES

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Nombre:_____

Firma:

Nombre:_____

Firma:

Nombre:_____

REALIZADO POR: Ospina Padilla, Paola

PROFESOR GUÍA: Vera Lupi, Alonso

Caracas, Octubre de 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE MANUAL DE IMPLANTACIÓN DE UNA
MATRIZ DE RIESGO EN EXCAVACIONES**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: Ospina Padilla, Paola

PROFESOR GUÍA: Vera Lupi, Alonso

Caracas, Octubre de 2017

PROPUESTA DE MANUAL DE IMPLANTACIÓN DE UNA MATRIZ DE RIESGO EN EXCAVACIONES

Paola Ospina Padilla

Pao.crz1992@gmail.com

Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

Resumen: El objetivo principal de este trabajo consiste en desarrollar la propuesta de un manual de implantación de una Matriz de Riesgo en excavaciones, específicamente las que se realizan de forma subterránea y a cielo abierto. Esta propuesta es de mucha importancia debido a la demanda que existe de un control y gestión de riesgos las labores de excavación. La metodología a seguir consiste en la identificación de los riesgos en cada actividad ligada a las excavaciones, evaluar sus probabilidades e impactos y, a partir de estos datos, clasificar el riesgo según la Matriz de control. Una vez clasificado el riesgo se proponen las actividades necesarias para la mitigación del mismo, de manera que el mismo disminuya al menos en un grado. Una herramienta adecuada para llevar el seguimiento de las actividades y gestionar los riesgos que sufren las faenas de excavación, es la realización de una Matriz de Riesgo; en este trabajo se proponen dos Matrices de Riesgo (Subterránea y a Cielo Abierto), asegurando que la aplicación de este instrumento reducirá, de manera significativa, los accidentes laborales en estas faenas, aumentando así la productividad y disminuyendo el riesgo de pérdida o afectación de la vida de los trabajadores, así como el uso eficiente de los recursos monetarios durante el proceso constructivo.

Palabras Clave: excavación, matriz de riesgo, excavación a cielo abierto, excavación subterránea, impacto, probabilidad.

Abstract: The main objective of this work is to develop the proposal for a manual for the implementation of a Risk Matrix in excavations, specifically those carried out underground and in the open. This proposal is of great importance due to the demand that exists of a risk control and management of the excavation work. The methodology to be followed consists of identifying the risks in each activity linked to the excavations, evaluating their probabilities and impacts and, based on these data, classifying the risk according to the control matrix. Once the risk has been classified, the activities necessary to mitigate it are proposed, so that it decreases to at least one degree. An adequate tool to keep track of activities and manage the risks that excavation work suffers is the realization of a Risk Matrix; This work proposes two Risk Matrices (Underground and Open Sky), ensuring that the application of this instrument will significantly reduce work accidents at these sites, thus increasing productivity and reducing the risk of loss or impairment of the life of the workers, as well as the efficient use of monetary resources during the construction process.

Keywords: excavation, risk matrix, open-pit excavation, underground excavation, impact, probability.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ii
CAPÍTULO I	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1. 1 Planteamiento del problema	2
1.2 Alcance de la investigación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Excavaciones	7
2.2.1 Tipos de excavaciones según la técnica utilizada.....	7
2.2.2 Tipos de excavaciones según su profundidad.....	7
2.2.3 Excavación a cielo abierto.....	8
2.2.4 Excavación subterránea	9
2. 3 La mecánica del suelo	9
2.3.1 Clasificación de los suelos.....	9
2. 4 El Riesgo	11
2.4.1 Riesgo inicial	12
2.4.2 Riesgo residual	12
2.4.3 Identificación del riesgo	12
2.4.3.1 Aspectos para tener en cuenta al desarrollar la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos.....	13
2.4.4 Evaluación del riesgo.....	14
2.4.5 Incertidumbre.....	15
2.4.5.1 Tipos de incertidumbre.....	16

2.4.5 .2 Probabilidad como medida de incertidumbre:	17
2.4.6 Clasificación del Riesgo.....	18
2.5 Clasificación de las medidas que reducen el riesgo	19
2.6 Gestión de Riesgos	19
CAPÍTULO III.....	20
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1 Manual para la ejecución de la Matriz de Riesgo	20
3. 2 Riesgos asociados a excavaciones.....	22
3.2.1 Riesgos comunes en excavaciones a cielo abierto y subterráneas.....	22
3.2.2 Riesgos en excavaciones subterráneas.	25
3.2.3 Riesgos en excavaciones a cielo abierto.....	28
3.3. Aplicabilidad de la Matriz de Riesgo en Excavaciones	29
CAPÍTULO IV.....	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1 Conclusiones	31
5.2 Recomendaciones.....	33
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	36

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. 1 Planteamiento del problema

Toda actividad que ejecute el ser humano está expuesta a riesgos de diversa índole, los cuales influyen en el resultado final de la actividad que se realiza. Es de gran importancia identificar estas eventualidades asociadas a riesgos, estudiando su origen, impacto y probabilidad de ocurrencia para que se puedan gestionar y minimizar en el mayor grado posible.

En el caso específico de las actividades ligadas a la construcción, estas se asocian a una gran cantidad de riesgos debido al entorno en el que se desarrollan; la exposición con el medio ambiente, a la maquinaria y a materiales izados y pesados, además de las características geológicas y climáticas de la zona de construcción y que conforman algunos de los factores que pueden lesionar a los trabajadores e incidir en el cumplimiento de los objetivos de las obras.

Dentro de este contexto, en las actividades relacionadas con las excavaciones estos accidentes pueden aumentar, debido a la extracción de tierra y roca y su desconfinamiento, lo que ocasiona la liberación de presiones a medida que se va desalojando el material. Entre los principales riesgos de la excavación se tiene la disgregación y pérdida de cohesión del material, desprendimiento de las paredes de la fosa, entre otros que se tratarán con mayor detalle en el desarrollo del Trabajo Especial de Grado.

Por las razones anteriores se hace necesario estudiar y evaluar los riesgos causados por la remoción de materiales (excavaciones), sea a cielo abierto o de manera subterránea. Un método muy común usado en una gran diversidad de sectores es la llamada Matriz de Riesgo, la cual constituye una herramienta de control y gestión de las actividades ligadas a cualquier operación, de manera que se puedan clasificar según su impacto y probabilidad de ocurrencia, y posteriormente dar recomendaciones que ayuden a disminuir el grado de los riesgos.

En el presente Trabajo Especial de Grado se realizará un manual que permita efectuar de manera óptima las actividades ligadas a las excavaciones mediante la valoración de una Matriz de Riesgo, la cual debe ser estudiada por cada componente laboral de la obra, ya que en el caso de detectar alguna posible de evidencia para el desarrollo de un riesgo, la matriz proporcionará las acciones que reducirán el impacto del mismo.

1.2 Alcance de la investigación

El alcance se centra en el desarrollo de un manual que permita la correcta gestión de los riesgos en las actividades relacionadas a las excavaciones, identificando los riesgos y sus respectivos impactos, valorándolos según una matriz que sirva como herramienta de control durante la faena de trabajo, protegiendo así la integridad de los trabajadores y la operatividad de los equipos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de un manual que permita ejecutar efectivamente actividades de excavación subterráneas y a cielo abierto, bajo los parámetros de seguridad exigidos.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Analizar los riesgos inherentes a las excavaciones a cielo abierto y subterráneas.
2. Establecer los impactos y probabilidades a los cuales están sujetas las actividades de excavación a cielo abierto y subterráneas.
3. Plantear dos (2) Matrices de Riesgo, para excavaciones subterráneas y a cielo abierto, donde se tipifiquen los riesgos según la ecuación $\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad}$.
4. Recomendar acciones correctivas y/o mitigantes que reduzcan los riesgos.
5. Proponer un manual de implementación de una Matriz de Riesgo en excavaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Dentro de los antecedentes encontrados de la investigación que se llevará a cabo se pueden destacar los siguientes.

Bustos, J. Olmos, R. (2006) Pontificia Universidad Católica de Chile. “GESTIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES EN EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA (EQUIPOS Y MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRA”.

En esta investigación se planteó como objetivo general realizar una investigación conducente a la identificación de peligros y a la evaluación y control de los riesgos críticos asociados a los equipos y maquinaria de movimiento de tierra y al entorno propio de los procesos de Excavación Subterránea.

Como conclusión en este estudio sobre Excavación Subterránea, los procesos que presentaron mayor criticidad y para los cuales se deben extremar los controles son: Movimiento de carga suspendida, colocación de malla, marcos y refuerzos, abastecimiento de material al interior del túnel excavación. Cada empresa, faena u obra, debe elaborar un Inventario de Riesgos Críticos, en el que se analicen los procesos y se obtengan de esta manera las tareas más críticas de cada uno de ellos, permitiendo priorizar la asignación y optimización de recursos, tomando las decisiones de control de riesgos más apropiadas.

El segundo antecedente corresponde al proyecto de grado realizado por Vivas Lozano, V. (2014) Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali “DESARROLLO DE LA MATRIZ DE PELIGROS PARA LA EMPRESA DIVECON S.A CON EL ENFOQUE GTC 45”.

En este estudio se planteó desarrollar una matriz de peligro para la empresa Divecon S.A, con el propósito de prevenir e intervenir los riesgos, mejorando las condiciones de trabajo de la mano de obra basándose en la norma GTC 45.

Esta investigación identificó y valoró los riesgos a los que está expuesto actualmente el personal en obra, obteniendo como resultado una matriz de peligros basada en la norma GTC 45 (Guía Técnica Colombiana para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud en el trabajo, normalizada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC). Basándose en la norma NTC OHSAS 18001 del 2007 (Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo) se generó un plan de acción interviniendo los riesgos identificados teniendo en cuenta la relación costo-beneficio de las mejoras que se implementaron.

Una tercera investigación corresponde a la efectuada por Díaz Riesgo, José Ignacio (2014) Universidad de Oviedo “PROPUESTA DE PROTOCOLO DE SEGURIDAD PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO EN EXCAVACIONES MEDIANTE TUNELADORAS”, cuyo objetivo es la investigación y análisis de los riesgos asociados a los trabajos con máquinas tuneladoras (TBM). Finalmente se propone una metodología de análisis de los parámetros y factores de mayor relevancia que influyen de manera más significativa sobre

la seguridad y salud de los trabajadores, con la finalidad de eliminar o en su defecto limitar el riesgo asociado a dichas excavaciones.

2.2 Excavaciones

Implica cualquier corte, cavidad, zanja, trinchera o depresión hecha por el hombre en la superficie del suelo mediante la remoción de la tierra.

Se clasifican los tipos de excavación según lo establecido en las Regulaciones OSHA – 1926.650.

2.2.1 Tipos de excavaciones según la técnica utilizada.

Manual: Se entenderá por excavación manual en general, el excavar y quitar la tierra u otros materiales según las indicaciones de planos arquitectónicos o estructurales y de detalle, sin el uso de maquinaria, y para volúmenes de menor cuantía, que no se puedan ejecutar por medios mecánicos.

Mecánica: Se efectúa con equipo pesado o máquinas excavadoras. Se debe tener en cuenta que siempre que está ejecutando cualquier excavación la tierra que se saca aumenta de volumen entre un 20% a un 40% de acuerdo a la naturaleza del terreno.

2.2.2 Tipos de excavaciones según su profundidad.

Superficiales: se hacen en terrenos suaves pudiendo servir para construcciones temporales o bien para ver el tipo de terreno que se tiene hasta un límite de profundidad. El ancho mínimo de una excavación hecha a mano es de 0.60 m a 1.50 m de profundidad.

Profundas: Son excavaciones que superan 1.50 m de profundidad y generalmente se necesita de ayudas neumáticas o mecánicas para realizar.

2.2.3 Excavación a cielo abierto.

Son aquellas que se realizan en la superficie terrestre, en condiciones naturales de ventilación, iluminación y drenaje y cuyos espacios se cortan con carácter permanente para cumplir la función de canales de conducción, independientemente de que estos vayan o no a ser revestidos y las excavaciones para cimentar tanques total o parcialmente enterrados, cimentar rellenos compactados, construir vías u otras obras similares. De acuerdo al volumen abarcado en la excavación, y según la Norma COVENIN 2247-91, estas excavaciones se clasifican en:

- a) Excavación de zapata: son excavaciones pequeñas con dimensiones muy similares (largo, ancho y profundidad), no requieren grandes precauciones a menos que se trate de un gran número de zapatas.
- b) Excavación en zanja: se usan para canalizaciones o zapatas corridas, en ambos casos el largo es mucho mayor al ancho de la excavación debido a la metodología de construcción.
- c) Excavación de canteras: para la obtención de materiales de construcción (enrocados, gravas, rocas para pisos y fachadas)
- d) Excavaciones amplias: son aquellas de ancho y profundidad importante y que suelen cubrir superficies iguales o superiores a la de una edificación, usadas para fundaciones de losas o grandes fundaciones.
- e) Excavación de Pozos: excavaciones de forma rectangular y circular, para usos

tales como: captación de agua, calicatas para prospección de suelos, etc., de profundidad mucho mayor que su largo y ancho.

2.2.4 Excavación subterránea

Es aquella extracción de tierra y roca que se realiza en condiciones artificiales de iluminación y ventilación, en el caso del drenaje se hace por gravedad o mediante bombas para mejorar la evacuación de las aguas.

2.3 La mecánica del suelo

Un óptimo diseño, manejo y control de riesgos en las excavaciones se basa en el buen entendimiento de las propiedades y clasificación del suelo que será intervenido, esto con el fin de planificar adecuadamente las actividades a realizar, los quipos y maquinarias necesarias y las medidas preventivas a considerar durante todo el proceso de excavación.

2.3.1 Clasificación de los suelos

Con el fin de proporcionar un mayor entendimiento en la complejidad que abarca los suelos, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), ha procedido a clasificarlos los suelos de la siguiente manera:

Roca:

- Significa un suelo cohesivo
- Es resistente y no se modifican sus características con el agua. Es rígida, por lo tanto no puede deformarse.

- No disipa la energía sísmica y la transmite a la edificación, un camino o cualquier construcción superior.
- La excavación en roca es compleja: requiere para su remoción de explosivos, barrenos y maquinaria especializada, lo que la convierte en un trabajo peligroso, de alto costo y muy bajo rendimiento.

Suelos de grano grueso:

- Buenas características de resistencia, estabilidad y drenaje para fundaciones, especialmente cuando están bien compactados y confinados.
- Son muy permeables.
- Bajo nivel de asentamiento.
- No tienen propiedades cohesivas, por lo que es altamente inestable en taludes pronunciados.
- Dentro de esta tipología se tienen:

Gravas: tamaño comprendido entre 4,76 y 75 mm.

Arenas: tamaño entre 0,074 y 4,76 mm.

Suelos de grano fino:

- Corresponden a material de tamaño menor a 0,074 mm. Conformado por:

Limos inorgánicos:

- Baja o ninguna plasticidad.
- Presentan malas características de drenaje.
- Presentan fragilidad en estado seco.

- Muy compresibles.

Arcillas inorgánicas:

- La mayoría de las veces es de color rojizo
- Características de drenaje muy malas.
- Pueden absorber gran cantidad de agua, aumentando su volumen y su plasticidad quedando sin capacidad de soporte.
- En estado seco pueden ser muy duras y se contraen en forma importante, generando variaciones de volumen. Pueden asentarse muy lentamente.

Roca estable:

Este material mineral natural sólido puede excavar con lados verticales y permanece intacto al exponerse.

Esta clasificación debe ser complementada con ensayos de laboratorio como: granulometría (distribución porcentual de tamaño de granos), límites de Atterberg (plasticidad), Proctor (densidad de terreno a obtener con la óptima cantidad de humedad), CBR (capacidad de soporte), entre otros.

2. 4 El Riesgo

Es la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa con la severidad de lesión o enfermedad, que puede ser causado por el evento o la exposición. (NTC-OHSAS 18001). En otras palabras el riesgo es conocido como el producto de la probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento por sus posibles consecuencias.

Riesgo = Probabilidad x Impacto

Los proyectos de ingeniería raramente son repetitivos, esto quiere decir que pocas veces se presentan las mismas características de proyecto, bien sea las condiciones del suelo, ambientales, estructuras, líneas de servicio cercanas, entre otros. Como resultado de estas características tan variadas los riesgos en cada proyecto también lo son. En la construcción de zanjas, pozos y en especial de túneles, las excavaciones necesarias se realizan en un entorno lleno de incertidumbre, donde la Gestión de Riesgos no es una opción sino una necesidad.

2.4.1 Riesgo inicial

Es aquel riesgo inherente de las labores realizadas en el proyecto o faena y al cual no se le ha aplicado ninguna medida de mitigación o corrección para disminuirlo.

2.4.2 Riesgo residual

Es aquel que resulta de la relación entre el grado de manifestación de los riesgos inherentes y la gestión de mitigación de riesgos establecida por la administración del proyecto. Es aquel riesgo que subsiste, después de haber implementado controles.

2.4.3 Identificación del riesgo

El objetivo principal de la identificación de los riesgos en excavaciones es entender los peligros a los que se está expuesto en el desarrollo de las actividades, con el fin de establecer los controles necesarios para asegurar que el riesgo sea aceptable, manejable y que al menos disminuya en un nivel.

2.4.3.1 Aspectos para tener en cuenta al desarrollar la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos

Según la Guía Técnica Colombiana GTC 45 (p. 6) para que la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos sean útiles en la práctica, las organizaciones deberían:

- a) Definir el instrumento para recolectar la información: una herramienta donde se registre la información para la identificación de los peligros y valoración de los riesgos.
- b) Clasificar los procesos, las actividades y las tareas: preparar una lista de los procesos de trabajo y de cada una de las actividades que lo componen y clasificarlas; esta lista debería incluir instalaciones, planta, personas y procedimientos.
- c) Identificar los peligros: incluir todos aquellos relacionados con cada actividad laboral. Considerar quién, cuándo y cómo puede resultar afectado.
- d) Identificar los controles existentes: relacionar todos los controles que la organización ha implementado para reducir el riesgo asociado a cada peligro.
- e) Valorar riesgo:
 - Evaluar el riesgo: calificar el riesgo asociado a cada peligro, incluyendo los controles existentes que están implementados. Se debería considerar la eficacia de dichos controles, así como la probabilidad y las consecuencias si éstos fallan.
 - Definir los criterios para determinar la aceptabilidad del riesgo.

- Definir si el riesgo es aceptable

f) Elaborar el plan de acción para el control de los riesgos, con el fin de mejorar los controles existentes si es necesario, o atender cualquier otro asunto que lo requiera.

g) Revisar la conveniencia del plan de acción: re-valorar los riesgos con base en los controles propuestos y verificar que los riesgos serán aceptables.

h) Mantener y actualizar:

- Realizar seguimiento a los controles nuevos y existentes y asegurar que sean efectivos;

- Asegurar que los controles implementados son efectivos y que la valoración de los riesgos está actualizada.

i) Documentar el seguimiento a la implementación de los controles establecidos en el plan de acción que incluya responsables, fechas de programación, ejecución y estado actual.

2.4.4 Evaluación del riesgo

La evaluación de los riesgos corresponde al proceso de determinar la probabilidad de que ocurran eventos específicos y la magnitud de sus consecuencias (impacto), mediante el uso sistemático de la información disponible. Para evaluar el nivel de riesgo, se debería determinar lo siguiente, según la Guía Técnica Colombiana (GTC 45).

Riesgo = Probabilidad x Impacto

- Donde la **Probabilidad** se caracteriza por los siguientes niveles:

-Alto: Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.

-Medio: Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.

-Bajo: Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

- Determinación del nivel de **Impacto**

-Alto: Muerte o lesiones graves al personal

-Medio: lesiones con incapacidad laboral

-Bajo: lesiones sin incapacidad laboral o inexistencia de lesiones al personal.

2.4.5 Incertidumbre

La incertidumbre sugiere la falta de capacidad para estimar una variable, que no puede ser determinada con precisión.

La incertidumbre está ligada a la evaluación de la probabilidad y consecuencias de riesgos, sin embargo esta incertidumbre depende del tiempo, un ejemplo de esto es la construcción de un túnel, ya que antes de realizarse hay muchos factores inciertos relativos a las condiciones del terreno, sin embargo cuando el túnel esté terminado estas condiciones ya son perfectamente conocidas.

2.4.5.1 Tipos de incertidumbre

- **Incetidumbre Aleatoria:** está asociada con la aleatoriedad inherente a los procesos naturales, manifestándose como variabilidad del tiempo o espacio, entonces “si lanzamos un dado infinitas veces y anotamos la frecuencia con que aparece cada número, nos daremos cuenta de que la probabilidad de que cualquiera de los números aparezca es de $1/6$. Sabiendo esto la próxima vez que lancemos un dado tenemos la incertidumbre acerca del número que saldrá, sin embargo conoceremos la medida de la incertidumbre”. (Vick 2002)
- **Incetidumbre Epistémica:** es dependiente de la cantidad de datos disponibles para el análisis, y se incrementa cuanto mayor es la ausencia de información, un ejemplo de esto es una partida de dominó, “las fichas están absolutamente fijadas, sin embargo no conocemos sus valores, la clave para ganar consiste precisamente en conocer el valor de las fichas de los demás mediante observación durante la partida, este sería un tipo de incertidumbre debido al desconocimiento”. (Vick 2002)

La diferencia establecida entre ambas es que cuando aumenta la información disponible, la incertidumbre epistémica se reduce, mientras que la aleatoria no. En la práctica, en la

realización de excavaciones podemos inferir que la incertidumbre está más cerca de la epistémica que de la aleatoria, ya que la ejecución de sondeos y/o ensayos del terreno, tener a mano los planos necesarios del entorno, entre otras previsiones que nutran la información previa a la realización de la excavación, disminuirán la incertidumbre.

2.4.5 .2 Probabilidad como medida de incertidumbre:

Existen dos corrientes en la interpretación de la probabilidad: frecuentista y subjetiva, expuestas en el libro “Grados de creencia: Probabilidad subjetiva y juicio de ingeniería” (Vick 2002)

- **Probabilidad frecuentista:** asume que la probabilidad de que un suceso tenga lugar es resultado de una frecuencia en el sistema que está siendo observado. Las frecuencias de ocurrencia se van acercando a un límite cuando se repite el experimento muchas veces, este valor límite es la probabilidad del suceso.
- **Probabilidad subjetiva:** se estima la incertidumbre en circunstancias donde no se disponen de suficientes evidencias y la estimación ha de hacerse contando con el juicio de cada persona. Los ingenieros civiles y geotécnicos son profesionales propensos a hacer permanente uso de su juicio y conocimiento para la toma de decisiones ya que la noción de las propiedades geotécnicas es siempre limitada. En el caso de excavaciones el juicio basado en la experiencia suele ser la línea a seguir y así será durante el desarrollo de este Trabajo especial de Grado.

2.4.6 Clasificación del Riesgo

Abadía Anadón, F (2000) clasifica el riesgo en su libro *Manual de túneles y obras subterráneas* (p. 306) de la siguiente forma:

Riesgo Inaceptable: el mismo debe ser reducido al menos a indeseado cueste lo que cueste.

Riesgo Indeseado: las medidas correctivas han de identificarse e implementarse si sus costes no son desproporcionados respecto a la reducción de riesgo obtenida

Riesgo Aceptable: el peligro se gestionará durante el proyecto. No es necesario el análisis de medidas correctivas.

Riesgo Despreciable: no se necesita ninguna consideración respecto al riesgo, sin embargo existe y debe mantenerse bajo inspección para que no aumente de nivel.

		CLASIFICACIÓN DEL RIESGO		
		IMPACTO		
		BAJO	MEDIO	ALTO
PROBABILIDAD	BAJA	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE	ACEPTABLE
	MEDIA	DESPRECIABLE	ACEPTABLE	INDESEADO
	ALTA	ACEPTABLE	INDESEADO	INACEPTABLE

Tabla # 1. Clasificación del riesgo (Realizada por el autor)

2.5 Clasificación de las medidas que reducen el riesgo

- Medidas Correctivas: son aquellas que corrigen las posibles causas de ocurrencia de un riesgo.
- Medidas Mitigantes: son aquellas que minimizan o contrarrestan los daños causados por los riesgos en excavaciones.

2.6 Gestión de Riesgos

La Gestión de Riesgos es un proceso dinámico, que aporta herramientas y conocimiento para enfrentar tanto al proyecto específico como aquellos que se realicen en un futuro, el mismo se desarrolla desde el sentido común y la experiencia del equipo de trabajo involucrado en la actividad, en este caso las excavaciones a cielo abierto y subterráneas. Esta gestión obliga al equipo del proyecto a pensar en todos los posibles eventos, incluso aquellos que no están relacionados con los aspectos técnicos, que pueden favorecer a pérdidas materiales, físicas, retrasos y sobrecostos.

Dentro de este contexto existen una variedad de herramientas de gestión sistemática de riesgos que deben aplicarse a lo largo del desarrollo del proyecto. Utilizando estas técnicas, los posibles problemas pueden identificarse de forma sencilla con el objetivo de implementar oportunamente las medidas de mitigación más apropiadas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Manual para la ejecución de la Matriz de Riesgo

En el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, y para la futura aplicación de la propuesta del Manual de una Matriz de Riesgo, se seguirá la siguiente metodología para el análisis y clasificación de los riesgos de las excavaciones en los procesos constructivos.

1. Se recopilará información de cada una de las actividades que se realizan en la excavación en el orden pertinente a cada etapa del circuito.
2. Una vez identificadas las actividades, se describirán los riesgos asociados de cada una de ellas, sus características e impactos generados (bajo, medio, alto).
3. Se analizará la probabilidad de ocurrencia del riesgo (baja, mediana o alta)
4. Según el impacto y la probabilidad se definirá el grado de riesgo al que está asociado la actividad, siguiendo la fórmula :

Riesgo = Probabilidad x Impacto, donde el impacto es el factor de mayor peso para la clasificación.

El resultado de la fórmula anterior se expresa en la clasificación indicada en la Tabla # 1. Clasificación del riesgo, mostrada en el apartado 2.6.

5. Elaborar un plan de acción con el fin de disminuir al menos en un grado la clasificación del riesgo, esto se hará mediante la toma de decisiones ingenieriles, administrativas, sustitución o eliminación.
6. Re-valorar los riesgos con base en los controles propuestos para su mitigación, asegurándose que los mismos disminuyan el riesgo inicial al menos en un grado, a esto se le llamará riesgo residual siendo éste el riesgo que persiste luego de darle respuesta al peligro considerado.

Siguiendo el esquema de trabajo anterior, a continuación se presentan los riesgos más comunes al momento de realizar las actividades de excavación, su descripción y causa.

3. 2 Riesgos asociados a excavaciones

3.2.1 Riesgos comunes en excavaciones a cielo abierto y subterráneas.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Terremoto	Daños en estructuras, derrumbes de taludes de la excavación, colapso de maquinaria, pérdida de vidas.	Falla geológica natural según zonificación sísmica.
Filtraciones en el interior de la excavación	Alteraciones el estado de equilibrio del suelo por saturación, generando desprendimientos, socavaciones y complicaciones importantes en el trabajo del personal y equipos.	Lluvias, alta permeabilidad del suelo, aumento de volúmenes y/o presiones en los cuerpos de agua cercanos, instalación deficiente de drenes o falta de abatimiento.
Deslizamiento y/o desprendimiento del terreno en proceso de excavación	Daños en estructuras, pérdida de vidas, atraso en la obra, daño de maquinaria	Falta de entibamiento, vibración excesiva del terreno por máquinas cercanas al borde de excavación, tipo de suelo.
Aparición de cuerpos de agua subterráneos no previstos	Asentamientos y retraso en las obras.	Limitantes en las exploraciones geológicas.
Interferencia con redes de servicio enterradas	Problemas de estabilidad, retraso en las actividades	Falla y/o falta en la identificación de interferencias.
Atrapamiento por: Taludes con tierra y/o roca.	Lesiones y/o pérdida de vidas.	Deslizamientos del terreno y falta de medios que permitan al personal evacuar la excavación.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Pérdida de confinamiento del suelo en terrenos adyacentes	Daño a terrenos útiles e impacto al entorno	Falta de distancias prudentes, falta de planos del entorno actualizados.
Caída de personal a desnivel o al mismo nivel	Pérdida de vidas, lesiones graves del personal	Falta de rampas y/o barandas, inexistencia de líneas de vida, acumulación de material desniveles.
Vibraciones	Pérdida de soporte del material, lesiones al personal.	Maquinaria cercana a los bordes.
Explosiones	Lesiones al personal, atraso en las labores de excavación.	Fugas de gas, gases de combustión de la maquinaria dentro de la excavación, tuberías de gas no indicadas en los planos.
Electrocución	Lesiones al personal, atraso en labores de excavación.	Cables no indicados en los planos, maquinaria con conductores eléctricos.
Incendio de los equipos	Pérdida de equipos, de vidas y retrasos en la excavación.	Corto circuito, explosiones.
Ineficacia del sistema de abatimiento del nivel freático	Inestabilidad en las paredes de la excavación y posterior derrumbe.	Falla en el bombeo de agua, abatimiento ineficaz, fallas eléctricas.
Desgaste excesivo de los equipos	Retrasos y costos imprevistos	Falta de mantenimiento, presencia de suelos diferentes a los planteados en el proyecto.
Vandalismo, robo, hurto	Pérdida de equipos y retrasos	Conflicto social.
Falla de energía eléctrica	Retraso en las obras, daño en los equipos	Corte de energía eléctrica y falta de plantas eléctricas.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Falta de suministro del material de revestimiento	Problemas de estabilidad en las excavaciones	Problemas de logística y suministro del material
Lesiones por ataque de animales	Lesiones al personal	Ataque de serpientes, escorpiones, arácnidos, etc.
Asfixia	Lesiones graves o pérdida de vidas.	Aplastamiento por caída de terreno, gases tóxicos presentes en la excavación

3.2.2 Riesgos en excavaciones subterráneas.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Frente de excavación sin protección primaria	Posible ruptura del frente de excavación.	Falla en el suministro de concreto proyectado o problemas con el equipo de proyección.
Falta de tirantes, malla, drenes y otros materiales para la ejecución de estabilización de macizo.	Posible ruptura del frente de excavación-	Falla en el control de stock de materiales de contingencia.
Filtraciones del agua para el interior de la TBM durante la excavación. *TBM: Tunnel Boring Machine, tuneladora	Problemas de estabilidad en las excavaciones, reducción de productividad, pérdida de equipos.	Permeabilidad excesiva de la roca.
Asentamientos excesivo en áreas ya afectadas debido al paso de la primera TBM	Daños en las estructuras y terrenos útiles, pérdidas económicas y retraso en las obras.	Paso de las TBMs con largo tiempo entre una y otra.
Ocurrencia de asentamientos y esfuerzos en las estructuras en la superficie debido a constantes paradas de las TBMs en áreas o situaciones no favorables	Daños en las estructuras, pérdidas económicas y retraso en las obras.	Trabajar de forma alterna con las TBMs, con períodos largos de paralización de una de ellas en áreas o situaciones no favorables. Excavación con presiones de sostenimiento.
Accidente con el tren de servicios	Pérdidas de vida y equipos.	Falla en los frenos, sobre velocidad, falla humana.
Parada imprevista de la TBM	Retraso en la obra y pérdidas económicas.	Falla en el equipo. Obstrucción de escudos del TBM.
Desgaste excesivo del equipo (TBM)	Retrasos y costos excesivos.	Operación fuera de los parámetros. Presencia de suelos/rocas distintos a lo establecido en el modelo geológico.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Incendio en el TBM	Pérdidas de vidas, equipos y de producción.	Corto circuito, explosión; Chispas de soldadura y flamas de oxicorte en presencia de altas concentraciones de gases explosivos; bloqueo de la banda transportadora con la polea en funcionamiento.
Perdida de presión durante parada de mantenimiento	Pérdidas de vida e inestabilidad en el frente de excavación	Rotura de tubería de alimentación de la cámara hiperbárica.
Inestabilidad del macizo	Ruptura y desprendimiento de material, cráteres en la superficie, paralizaciones de la obra y pérdidas de vida.	Paralización del Frente de Trabajo. Pérdida de soporte.
Ruptura del macizo durante la excavación	Ruptura y desprendimiento de material, cráteres en la superficie, paralizaciones de la obra y pérdidas de vida.	Posible existencia de cavernas.
Perforación de terrenos útiles durante ejecución de los tirantes	Daños en terrenos útiles u otros impactos en el entorno.	Falla en el catastro catastral.
Pérdida de material durante la ejecución de los enfilajes/ tirantes.	Formación de grietas en la superficie, desprendimiento de tierra, filtraciones de agua.	Presencia de agua y material Erosivo.
Colapso del túnel durante la demolición de las dovelas	Ruptura, desprendimiento de tierra y cráteres en la superficie.	Pérdida de soporte, Falta de estructura.
Problemas de estabilidad durante paradas.	Desprendimiento del macizo, cráteres en la superficie.	Pérdida de presión.
Derrumbe del Proyectoado del Foso	Desprendimiento del macizo, filtraciones.	Aparición de vacíos entre el macizo/estructura.
Ineficacia del sistema de abatimiento del Nivel Freático	Inestabilidad en la excavación.	Falla en el bombeo.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Ineficacia del sistema de perforación del Nivel Freático	Inestabilidad en la excavación.	Falla en el suministro de Energía.
Asentamientos inducidos por el abatimiento del NF	Daños a estructuras y a terrenos útiles en las proximidades de la obra.	Aumento del índice de vacíos.
Empotramiento insuficiente de los tirantes de la pantalla	Inestabilidad del talud.	Falla en la ejecución.
Deformaciones excesiva en los tirantes	Inestabilidad del talud.	Tensión excesiva del tirante.
Perforación de servicios y estructura durante la ejecución de los tirantes.	Daños a estructuras y a terrenos útiles en las proximidades de la obra.	Falla en la liberación de servicios públicos.
Pérdida de material durante ejecución de los tirantes	Grietas y desprendimiento de tierra en estructuras o terrenos útiles, filtraciones de agua.	Presencia de agua.
Levantamiento del terreno durante la inyección de los bulbos de los tirantes	Daños en terrenos útiles, estructuras y vías.	Exceso de presión excesiva durante la inyección.
Problema con la durabilidad de los tirantes (en caso de que existan tirantes definitivos)	Inestabilidad de la excavación.	Manejo de los materiales. Ambientes corrosivos y/o agresivos.
Inestabilidad de laderas naturales y taludes	Rupturas del terreno y movimientos de tierra. Daños a terrenos útiles y posible impacto al entorno. Paralización de las obras, daños a equipos en el interior de las excavaciones, posibles daños a la obra.	Condiciones hidrológicas, topográficas, geológicas y geotécnicas desfavorables no previstas.
Explosiones y intoxicación por presencia de Hidrocarburos	Enfermedades Ocupacionales. Perdidas de vida. Retraso en las actividades.	Filtraciones en los Tanques de gasolina ubicado en las adyacencias del Frente, presencia de gases no previstos en el área de excavación.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Ruptura del pavimento	Problemas de estabilidad de las excavaciones	Presencia de fisura transversal.

3.2.3 Riesgos en excavaciones a cielo abierto.

Riesgo	Descripción del impacto	Causa
Sobrecarga del borde de la excavación	Derrumbes y colapso del material.	Depósito de material en los bordes o sobrecarga de los mismos.
Asentamientos en áreas ya excavadas	Daño en terrenos útiles, y estructuras cercanas.	Abatimiento del nivel freático, acomodamiento del suelo.
Grietas en las paredes de la excavación	Daños en estructuras, pérdida de vidas, atraso en la obra, daño de maquinaria	Disminución de la cohesión, del suelo ocasionado por bajos niveles de la humedad natural del terreno.
Desprendimiento de taludes	Daños en estructuras, pérdida de vidas, atraso en la obra, daño de maquinaria	Falta de colocación de una malla de protección, en caso de que sea suelo gravoso, roca fracturada u otro tipo de material susceptible.

3.3. Aplicabilidad de la Matriz de Riesgo en Excavaciones

Toda empresa, faena u obra encargada de realizar excavaciones debe contar con una herramienta para consignar de forma sistemática la información proveniente del proceso de la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos, para efectos de este Trabajo Especial de Grado, el instrumento propuesto para lograr estos objetivos es la Matriz de Riesgo, la cual debe adecuarse a la realidad y exigencias del proyecto, con el fin de mejorar la seguridad laboral.

La aplicabilidad de esta matriz debe ejecutarse periódicamente durante la jornada laboral, siendo de suma importancia que cada componente del equipo de trabajo esté capacitado en el uso de esta herramienta de control y prevención, de tal manera que al observar la ocurrencia de algún peligro o un indicio previo del mismo se le podrá dar respuesta, con acciones mitigantes o correctivas, según lo establecido en la matriz, disminuyendo de manera significativa los incidentes que afecten la salud o la vida de los trabajadores, reduciendo costos y aumentando los estándares de productividad.

La Matriz de Riesgo es un documento “vivo”, es decir se debe actualizar constantemente para que sea un reflejo de la realidad y sea una herramienta útil. La periodicidad del control debe ser dada por la línea de mando de la empresa y los encargados de seguridad industrial, de acuerdo a las condiciones y objetivos planteados a lo largo del proyecto, para ello en cada reunión se debe alimentar la matriz con riesgos nuevos que han impactado o los que se puedan agregar como prevención, clasificarlos, estudiar su impacto, probabilidad, darles respuesta y revalorarlos.

En los Anexos se presentan las Matrices de Riesgo correspondientes a excavaciones subterráneas y a cielo abierto, las cuales podrán ser usadas por cualquier empresa que se dedique a estas actividades, agregando los riesgos que consideren y evaluándolos según sus dinámicas propias de ejecución.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se pudo identificar, mediante el análisis de los procesos involucrados en las obras de excavación subterráneas y a cielo abierto, que los riesgos más comunes y de mayor criticidad en estas faenas son: deslizamiento del terreno, asentamientos y filtraciones de agua, así como sus posibles consecuencias, tales como caídas, golpes y atrapamiento del personal en obra.

Durante el análisis y clasificación de los riesgos ligados a la excavación, el estudio de la probabilidad corresponde ser analizada de forma subjetiva, en caso de no poseer datos estadísticos de ocurrencia de accidentes, este razonamiento subjetivo se debe desarrollar a través del juicio ingenieril y de experiencias previas. Se propone entonces una manera sencilla de catalogar la probabilidad teniendo en cuenta la exposición y la posible materialización del riesgo, clasificándolo en una escala de alto, bajo y medio. Esta misma escala fue usada para especificar el nivel de impacto de los peligros en la excavación, siendo este el factor preponderante al momento de clasificar el riesgo, ya que aunque la probabilidad de ocurrencia de un evento sea baja, si su impacto es de gran importancia se clasificará como riesgo indeseado y deberá ser atendido de manera inmediata en los frentes de excavación.

Entre las medidas correctivas y/o mitigantes más destacadas en la propuesta de la Matriz de Riesgo están la realización de estudios, replanteos o ajustes de proyectos, inspecciones y supervisiones de las áreas de trabajo. La aplicación de estas medidas colaborará a la disminución de la magnitud y probabilidad de ocurrencia de accidentes y deben estar acompañadas de algún tipo de informe, minuta, plano o cualquier evidencia física que ayude a la gestión adecuada del riesgo de forma organizada.

Finalmente la propuesta del Manual de implantación de una Matriz de Riesgo en excavaciones, aporta a todas aquellas empresas encargadas de esta actividad básica para la construcción, una herramienta clave para el proceso de supervisión, control y gestión de todas las actividades que transcurren durante la excavación, sea subterránea o a cielo abierto. Sin embargo para cumplir con éxito estos objetivos es fundamental que los trabajadores de todos los niveles de la empresa se encuentren comprometidos e involucrados para promover y apoyar, de manera sistemática y permanente, los cambios que se requieren para alimentar la matriz y así reducir accidentes laborales, de manera que la productividad y los recursos sean aprovechados al máximo.

5.2 Recomendaciones

- Desarrollar e implementar el Manual de Implementación de una Matriz de Riesgo en Excavaciones, con base a los requisitos establecidos por la empresa.
- Presentar y divulgar el manual en un lugar visible a todo el personal, para que realicen las actividades de forma correcta y segura.
- Actualizar periódicamente la matriz de riesgos en dependencia de los cambios realizados en el proceso de excavación.
- Al momento de darle respuesta al riesgo, dejar constancia de las actividades que mitigan o corrigen el riesgo, como por ejemplo: informes, cambios de proyecto, check list, estudios, planos, minutas, etc.
- Una recomendación para futuros desarrolladores de este tema, consiste en tomar como base el estudio cualitativo realizado en el presente Trabajo Especial de Grado, para ampliar el análisis de los aspectos básicos de clasificación del riesgo desde un punto de vista cuantitativo, que permita establecer probabilidades, incertidumbres e impactos más allá de juicios y experiencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Libro: Abadía Anadón, F. (2000). *Manual de túneles y obras subterráneas*. Madrid, España. Editorial López Jimeno.
- Libro online: Hoek, E. y Brown, E.T. (1985). *Excavaciones subterráneas en roca*. México D.F, México. Editorial: McGraw-Hill
- Guía Técnica online: ICONTEC. (2011). *Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*. Editorial ICONTEC. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf>
- Revista online: Bustos M., Jaime; Olmos H., Rafael; Solas A., Andrés .(2006) *Gestión de riesgos operacionales en excavación subterránea (equipos y maquinarias de movimiento de tierra)* Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1276/127619408002.pdf>.
- Normas: COVENIN 2247-91. *Excavaciones a cielo abierto y subterráneas. Requisitos de seguridad*.(1991)

- Tesis de grado online: Extremiana Vázquez, I. (2011). *Gestión de riesgos en proyectos de túneles*.(Tesis de Maestría) Recuperado de:
https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000112.pdf
- Regulaciones Osha 2226-10R. *Trenching and Excavation Safety* (2015). Recuperado de:
<https://www.osha.gov/Publications/osha2226.pdf>
- Regulaciones OSHA – 1926.650. *Safety and Health Regulations for Construction*(2001).
Recuperado de: <https://www.osha.gov/pls/publications>

ANEXOS

Propuesta de Matriz de Riesgo para excavaciones a cielo abierto					Proyecto:	
Código:	UCAB TEG	Revisión:	Fecha de la revisión actual:	Próxima revisión:		
		01	27/10/2017	27/04/2018		

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
XXXXXX		
XXXXXX		
XXXXXX		
XXXXXX		

RIESGO INICIAL								RIESGO RESIDUAL							
N°	Riesgo	Descripción del Impacto	Causa	Prob.	Imp.	Grado del Riesgo	Clasif. del Riesgo	Respuesta al Riesgo	Clasif. de la acción	Evidencia de implementación	Prob.	Imp.	Grado del Riesgo	Clasif. del Riesgo	
1	Terremoto	Daños en las estructuras, desmoronamiento de las paredes de la excavación, colapsos de la excavación.	Falla geológica natural	S	M	BS	DES	Simulacros	M	Informe de simulación, lista de asistencia	S	S	BS	DES	
2	Filtraciones en el interior de la excavación	Alteraciones al estado de espaldas del suelo, generación de deslizamientos, acumulaciones y complicaciones importantes en el trabajo del personal y equipos	Llaves, alta permeabilidad del suelo, aumento del volumen y/o presiones en los cuerpos de agua cercanos, inundación súbita de aguas	M	A	SA	IND	Proyecto de drenaje adecuado, impermeabilización, barridos	M	Informe de la instalación de drenaje, barridos e impermeabilización	S	M	BS	DES	
3	Asesoría de cuerpos de agua subterráneos no previstos	Asentamientos y volcos en las obras	Liberación en las perforaciones geológicas	M	A	SA	IND	Realización de estudios hidrogeológicos, implementar solución para asentamiento	M	Perfil geológico, instrucción de control espaldas	S	M	BS	DES	
4	Interferencia con redes de servicios urbanos (energía eléctrica, gas, telefonía, cámaras, combustible)	Problemas de estabilidad, riesgos en las actividades	Falla y/o falta en la identificación de redes de servicio	M	M	MS	ACE	Mapas previos de interferencias y disponer si no existen estructuras no identificadas. Chequeo de liberación de servicios	M	Informe de la inspección control de redes de servicios, liberación de servicios, Planos de liberación de servicios públicos.	S	M	BS	DES	
5	Asentamiento por Teflones con tanta y/o rocas	Lesiones y/o pérdidas de vidas	Deslizamiento del terreno, presencia del terreno por excavación en situaciones de emergencia	A	A	AA	NA	Ajustes del proyecto y refuerzo de estructuras, seguimiento a los asentamientos, Chequeo de liberación de servicios para evaluar condición previa de las estructuras	M	Especificación de ejecución, Informe mensual de los procedimientos.	M	A	SA	IND	
6	Pérdida de confinamiento del suelo en terrenos adyacentes	Daño a terrenos colindantes e impacto al entorno	Falla de dieléctricos geológicos, falta de planes del entorno actualizado.	M	M	MS	ACE	Registros previos de interferencias, proyectos, control de riesgos, seguimiento cotidiano de las excavaciones. Chequear si no existen estructuras no identificadas.	M y C	Lista de asistencia de verificación de los procedimientos, Informe de instrumentación	S	M	BS	DES	
7	Deslizamiento y desmoronamiento del terreno en proceso de excavación	Daños en estructuras, pérdidas de vidas, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	Falla de embalsamiento o asentamiento, "viscosidad" del suelo, aumento del volumen y/o presiones en los cuerpos de agua cercanos, inundación súbita de aguas	A	A	AA	NA	Construcción de obras de contención, control de asentamiento de los terrenos de la excavación	C	Informe de inspección en áreas de riesgo	M	A	SA	IND	
8	Quemado de agua hacia el interior de la excavación	Grandes volúmenes de agua, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	Grandes volúmenes de agua, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	M	M	MS	ACE	Proyecto de drenaje adecuado del terreno y al exterior considerando áreas de infiltración. Construcción de diques de protección. Sistema de bombeo de emergencia	M	Diagrama de la viga cabalot, Reporte de mantenimiento del sistema de bombeo de emergencia	S	M	BS	DES	
9	Grietas en las paredes de la excavación	Daños en estructuras, pérdidas de vidas, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	Disminución de la adherencia del suelo, aumento del volumen y/o presiones en los cuerpos de agua cercanos, inundación súbita de aguas	M	A	SA	IND	Reparar las grietas de la excavación o cubrir con concreto proyectado.	M y C	Informe de inspección en áreas de riesgo, Informe de instrumentación, Reporte de mantenimiento de sistemas de bombeo de emergencia	M	M	MS	ACE	
10	Desmoronamiento de taludes	Daños en estructuras, pérdidas de vidas, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	Falla de protección en caso de que sea suelo graso, poca fracturación y con tipo de material suculento	M	A	SA	IND	Inspección previa del área, impermeabilización, barridos cotidianos	M	Informe de inspección en áreas de riesgo. Proyecto de instrumentación, Reporte de mantenimiento de sistemas de bombeo de emergencia	M	M	MS	ACE	
11	Asentamientos en áreas ya excavadas	Daños en estructuras, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	Asentamiento del suelo, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	M	M	MS	ACE	Ajustes del proyecto y refuerzo (si fuese necesario) de estructuras, Seguimiento de asentamientos, Inspección cotidiana para evaluar condiciones de las estructuras adyacentes.	M y C	Informes mensuales de la instrumentación, Reporte de Inspección Cotidiana	S	M	BS	DES	
12	Cálida de personal a descentral a el centro cost	Pérdidas de vidas, lesiones graves del personal	Falla de rampas y/o barridos, inundación de áreas de vías, lesiones en los trabajadores, Pérdidas de materiales	A	A	AA	NA	Logística adecuada para realizar desalojamiento, Acompañamiento de personal de Seguridad Industrial, Pertenencias, control de grupo de seguridad adecuado	M	Charlas de seguridad, Utilización correcta de los EPP (Equipo de Protección Individual) y EPC (Equipo de Protección Colectiva), Colocación adecuada de cámaras y cámaras de monitoreo, Planes de Prevención.	M	A	SA	IND	
13	Sobrecarga del borde de la excavación	Desmoronamiento, colapsos del material, lesiones, pérdidas de vidas	Deposito de material en los bordes de la excavación, sobrecarga de los recursos	M	A	SA	IND	Seguimiento de los procedimientos, utilización de herramientas y señales de protección al borde de la excavación	M	Charlas de seguridad, reporte de inspección del borde de excavación	M	M	MS	ACE	
14	Arbolamiento	Pérdidas de vidas o lesiones graves	Falla de experiencia de los operarios, deficiencia de señalización, sistema de luces y alarmas	S	A	BA	ACE	Seguimiento de los procedimientos, utilización de herramientas y señales de protección al borde de la excavación	M	Pruebas de escape a los incendios, Charlas de seguridad, reporte de inspección del borde de excavación	S	M	BS	DES	
15	Cálida de vehículos dentro de la excavación	Pérdidas de vidas o lesiones graves, lesiones en la obra	Falla de experiencia de los operarios, inundación del terreno superior a la excavación, lesiones en los operarios	S	A	BA	ACE	Seguimiento de los procedimientos, utilización de herramientas y señales de protección al borde de la excavación	M	Charlas de seguridad, reporte de inspección del borde de excavación, Pruebas de escape a los incendios	S	M	BS	DES	
16	Colapsos por caída de materiales o herramientas al interior de la excavación o en el nivel de excavación	Pérdidas de vidas o lesiones graves	Falla de liberación de materiales, inundación del terreno superior a la excavación, lesiones en los operarios	A	A	AA	NA	Ejecución cotidiana, seguimiento a los procedimientos, supervisión visual	M	Charlas de seguridad, Utilización correcta de los EPP (Equipo de Protección Individual) y EPC (Equipo de Protección Colectiva)	M	A	SA	IND	
17	Incendio de los equipos	Pérdidas de equipos, de vidas o lesiones en la excavación.	Corto circuito, explosiones	M	A	SA	IND	Creación de brigadas de incendio, mantenimiento preventivo de equipos, instalar puntos con extintores	M	Libro de Brigadas, Reporte de inspección	M	S	BS	DES	
18	Electrocución	Lesiones al personal, lesiones en los trabajadores de la excavación.	Cables no indicados en los planos, maquinaria con cables sueltos	M	A	SA	IND	Ejecución cotidiana, seguimiento a los procedimientos, supervisión visual	M	Informe sobre red eléctrica en la zona de excavación	M	M	MS	ACE	
19	Explosiones	Lesiones al personal, lesiones en los trabajadores de la excavación, lesiones en los operarios	Fuga de gases, gases de combustión de la maquinaria dentro de la excavación, liberación de gases no indicados en los planos	M	A	SA	IND	Ejecución cotidiana, seguimiento a los procedimientos, supervisión visual	M	Informe de estudio de medio ambiente, Informe sobre tuberías en la zona de excavación	M	M	MS	ACE	
20	Falla de energía eléctrica	Paradas en las obras, daños en los equipos	Corte de energía eléctrica y falta de plantas eléctricas	M	M	MS	ACE	Preparación de generador de emergencia	C	Informe Periódico de mantenimiento	M	S	BS	DES	
21	Vibraciones	Pérdidas de equipos del material, lesiones al personal	Maquinaria cercana a los bordes	A	M	MS	NA	Ejecución cotidiana, seguimiento a los procedimientos, utilización de herramientas y señales de protección al borde de la excavación	M	Informes de inspección, asnos de prevención	M	M	MS	ACE	
22	Quemado excesivo de los equipos	Paradas y control de incendios	Falla de mantenimiento, presencia de aceites, grasas en los planchales en el proyecto	M	S	BS	DES	Inspeccionar los equipos antes de ponerlos a trabajar, mantenerlos limpios	M	Informe de mantenimiento e inspección.	S	S	BS	DES	
23	Falla de suministro del material de reemplazo	Problemas de estabilidad en las excavaciones	Problemas de logística y suministro del material	M	S	BS	DES	Mantenimiento al terreno en caso de que sea necesario, así como, seguir mejor para producir mejor para prevenir en caso de emergencia. Contar con un diseño para mejor de control en otros	C	Materiales primos en el fondo, Reporte de muestreo	M	S	BS	DES	
24	Actas	Lesiones graves o pérdidas de vidas	Aplastamiento por caída de objetos, gases, líquidos presentes en la excavación	M	A	SA	IND	Ejecución cotidiana, seguimiento a los procedimientos, supervisión visual	M	Informe sobre presencia de tuberías, Informe de inspección	M	M	MS	ACE	
25	Lesiones por atropello de autos	Lesiones al personal	Atropello de vehículos, accidentes, etc.	S	M	BS	DES	Utilización de ropa y batas adecuadas, Acompañamiento de personal	M	Charlas de seguridad, Utilización correcta de los EPP (Equipo de Protección Individual) y EPC (Equipo de Protección Colectiva)	S	S	BS	DES	
26	Vandalismo, robo, hurto	Pérdidas de equipos y recursos	Conflicto social	M	S	BS	DES	Mantener un plan de seguridad patrimonial durante el período de excavación	C	Reporte de las actividades de seguridad	S	S	BS	DES	

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

IMPACTO

BAJO MEDIO ALTO

PROBABILIDAD	BAJA	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE	ACEPTABLE
		DESPRECIABLE	ACEPTABLE	INDESEADO
	ALTA	ACEPTABLE	INDESEADO	INACEPTABLE

INACEPTABLE (NA)	El riesgo se deberá reducir al menos hasta la categoría de indeseado sin reparar en costos.
INDESEADO (IND)	Se deben identificar las medidas de mitigación del riesgo, las cuales se implementarán mientras los costos no sean desproporcionados en relación a la reducción del riesgo obtenido
ACEPTABLE (ACE)	El riesgo se debe gestionar a lo largo de todo el proyecto. No se requiere considerar medidas para su mitigación
DESPRECIABLE (DES)	No se necesita ninguna consideración respecto al riesgo

Propuesta de Matriz de Riesgo para excavaciones subterráneas					Proyecto:	
Código:	Revisión:	Fecha de la revisión anterior:	Próximas revisiones:			
UCAB TEG	01	27/10/2017	27/04/2018			

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
ANONIMO		
CARRERA		
FECHA		
PÁGINA		

RIESGO INICIAL										RIESGO RESIDUAL									
Nº	Riesgo	Descripción del Riesgo	Causa	Prob.	Imp.	Grado del Riesgo	Cuadr. del Riesgo	Requerido al Riesgo	Cuadr. de la acción	Existencia de implementación	Prob.	Imp.	Grado del Riesgo	Cuadr. del Riesgo					
1	Terrorismo	Daños a las personas de la excavación, robos de la maquinaria.	Falta geológica natural.	D	A	SA	ACE	Suicidio	M	Informe de estudios, foto de cámara.	D	M	SA	DES					
2	Filtraciones en el interior de la excavación	Afectación al entorno de edificios adyacentes, generación de contaminación, inundaciones y complicaciones logísticas en el trabajo por aumento de volumen de desechos.	Unión, alta permeabilidad del suelo, aumento de infiltraciones y presencia en los canales de agua contaminada, filtraciones.	D	A	SA	NO	Proyecto de drenaje adecuado, impermeabilización fondos.	M	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
3	Asociación de cambios de agua subterránea no prevista.	Afectamiento a centros urbanos.	Alta permeabilidad, uniones de explosiones geológicas.	M	A	SA	NO	Requisito de estudio geológico, seguimiento, reducción por aislamiento.	M	Perfil geológico, reducción de riesgo geológico.	D	M	SA	DES					
4	Mejoramiento de condiciones de seguridad, gases, vapores, contaminación.	Desmoronamiento de estructuras, riesgo en las excavaciones.	Daño por falta en la identificación de redes de servicios.	M	M	SA	ACE	Alta permeabilidad, uniones de explosiones geológicas.	M	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
5	Ataque por TBM con gases y vapores.	Contaminación por gases y vapores.	Alta permeabilidad, uniones de explosiones geológicas.	A	A	AA	NA	Alta permeabilidad, uniones de explosiones geológicas.	M	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
6	Pérdida de confinamiento del suelo en zonas excavadas.	Daño a terrenos adyacentes e impacto al entorno.	Falta de detección geológica, falta de datos de estudios geológicos.	M	M	SA	ACE	Registro previo de perforaciones, seguimiento, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
7	Deficiencia y deterioración de estructuras en excavación.	Daños en estructuras, pérdida de vidas, aumento de costos de reparación.	Falta de mantenimiento, deterioración, falta de datos de estudios geológicos.	A	A	AA	NA	Construcción de obras de confinamiento, mantenimiento, datos de estudios geológicos.	C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
8	Asesinato	Daños a estructuras y personas, pérdida de vidas, aumento de costos de reparación.	Falta de mantenimiento, deterioración, falta de datos de estudios geológicos.	A	A	AA	NA	Construcción de obras de confinamiento, mantenimiento, datos de estudios geológicos.	C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
9	Fuente de excavación sin protección personal.	Pérdida de vidas, aumento de costos de reparación.	Falta de mantenimiento, deterioración, falta de datos de estudios geológicos.	M	M	SA	ACE	Mantenimiento de estructuras, datos de estudios geológicos.	M	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
10	Falta de frenos, malos hábitos y malas prácticas de manejo de maquinaria.	Pérdida de vidas, aumento de costos de reparación.	Falta de mantenimiento, deterioración, falta de datos de estudios geológicos.	M	M	SA	ACE	Mantenimiento de estructuras, datos de estudios geológicos.	M	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
11	Filtraciones de agua para menor de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
12	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
13	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
14	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
15	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
16	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
17	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
18	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
19	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
20	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
21	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
22	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
23	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
24	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
25	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
26	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
27	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
28	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
29	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
30	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
31	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
32	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
33	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
34	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
35	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
36	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
37	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
38	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
39	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
40	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
41	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					
42	Daño de agua hacia el exterior de la TBM durante la excavación.	Pérdida de estabilidad en las excavaciones, reducción de la productividad, pérdida de vidas.	Permeabilidad natural de la roca.	M	M	SA	ACE	Reducción de costos, aumento de la productividad, datos de estudios geológicos.	M y C	Informe de la permeabilidad de drenaje.	D	M	SA	DES					

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO				
IMPACTO				
		BAJO	MEDIO	ALTO
PROBABILIDAD	BAJA	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE	ACEPTABLE
	MEDIA	DESPRECIABLE	ACEPTABLE	INDESEADO
	ALTA	ACEPTABLE	INDESEADO	INACEPTABLE

RIESGO	DESCRIPCIÓN
INACEPTABLE (NA)	El riesgo se deberá reducir al menos hasta la categoría de indeseado sin reparar en costos.
INDESEADO (IND)	Se deben identificar las medidas de mitigación del riesgo, las cuales se implementarán mientras los costos no sean desproporcionados en relación a la reducción del riesgo obtenido.
ACEPTABLE (ACE)	El riesgo se debe gestionar a lo largo de todo el proyecto. No se requiere considerar medidas para su mitigación.
DESPRECIABLE (DES)	No se necesita ninguna consideración respecto al riesgo.

43	Electrocución	Lesiones al personal, daños del sistema de evacuación	Cables no aislados entre placas, respuesta del conductor eléctrico	M	A	SA	NO	Operación cuidadosa, seguimiento a los procedimientos, supervisión adecuada	M	Informe sobre el accidente en la zona de evacuación	M	M	MM	ACE
44	Explosiones	Lesiones al personal, daños en los equipos de evacuación	Fugas de gas, gases de combustión en la maquinaria, escape de los conductos, escape de gas no controlado en la planta	M	A	SA	NO	Operación cuidadosa, seguimiento a los procedimientos, supervisión adecuada	M	Informe de estado de medio ambiente, informe sobre estado de zona de evacuación	M	M	MM	ACE
45	Falta de energía eléctrica	Daños en los cables, daño en los equipos	Corte de energía eléctrica y falta de partes eléctricas	M	M	MM	ACE	Preparación de generador de emergencia	M y C	Informe Periódico de Mantenimiento	M	D	MD	DES
46	Vibraciones	Frotido de soporte del material, lesiones al personal	Desgaste en una o en varias	M	M	MM	ACE	Operación cuidadosa, seguimiento a los procedimientos, utilización de herramientas y equipos de protección a todo de la	M y C	Informe de inspección, actas de protección	M	M	MM	ACE
47	Derribo accidental de los equipos	Daños y costos innecesarios	Falta de mantenimiento, presencia de cables sueltos y los dispositivos en el espacio	A	M	AM	NO	Inspeccionar los equipos antes de ponerlos en marcha, mantener áreas de mantenimiento	M	Informe de mantenimiento e inspección	D	D	DD	DES
48	Falta de suministro del material de mantenimiento	Problemas de estabilidad en las evacuaciones	Problemas de logística y suministro del material	M	M	MM	ACE	Mantener un inventario de partes de repuesto, actas, seguir mejor para poder tener para producción en caso de emergencia, contar con un plan de acción de contingencia	C	Historia propia en el tiempo, equipos, diseño de medidas	M	D	MD	DES
49	Ataques	Lesiones graves o pérdida de vida	Exposición por caída de terreno, gases tóxicos emitidos en la evacuación	M	A	SA	NO	Operación cuidadosa, seguimiento a los procedimientos, supervisión adecuada	M	Informe sobre presencia de ataques, informe de inspección	M	M	MM	ACE
50	Lesiones por escape de líquidos	Lesiones al personal	Escape de líquidos, escape de gases, escape de	D	M	DM	DES	Utilización de ropa y herramientas adecuadas, uso de equipo de protección personal	M	Checklist de seguridad, lista de control de los EPP (Guantes de Protección, Botas, Lentes, Casco)	D	D	DD	DES
51	Verificación, roles, huer	Pérdida de equipos y recursos	Conflicto social	M	D	MD	DES	Mantener un plan de seguridad, control de acceso a zona de evacuación	C	Registro de las actividades de seguridad	D	D	DD	DES