

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y  
COMPORTAMIENTO HUMANO**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN  
DE UN MODELO DE CASCO INTELIGENTE EN  
TRABAJOS DE GALERIAS Y TÚNELES”**

Realizado por:

**FRANKLIN ALFREDO CRUZ SALGUERO**

Director del proyecto

**MSC. ESTEBAN CARRERA**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Quito, febrero de 2018



## **DECLARACION JURAMENTADA**

Yo, FRANKLIN ALFREDO CRUZ SALGUERO, con cédula de identidad # 171672872-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Franklin Alfredo Cruz Salguero

C.C.: 171672872-8

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE  
CASCO INTELIGENTE EN TRABAJOS DE GALERIAS Y TÚNELES”**

Realizado por:

**FRANKLIN ALFREDO CRUZ SALGUERO**

Como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Ha Sido dirigido por el docente

**MSC. ESTEBAN CARRERA**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

**MSC ESTEBAN CARRERA**

**DIRECTOR**

## **DECLARATORIA DOCENTES INFORMANTES**

### **LOS DOCENTES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**MSC. PÁBLO DÁVILA**

**MSC. HENRY CÁRDENAS**

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su  
defensa oral ante el tribunal examinador

Msc. Pablo Dávila

Msc. Henry Cárdenas

Quito, enero de 2018

## **DEDICATORIA**

A mi Dios creador de todas las cosas, por darme la fuerza para seguir adelante, no rendirme y permitirme llegar a este momento especial de mi vida. Porque día a día valoro el estar junto a él y en cada paso que doy hacer su voluntad.

A mis padres Marino y Nancy, por ser los pilares que me enseñaron principios invaluable en el transcurso de mi vida y me apoyaron incondicionalmente en todo este viaje de culminación de mi carrera.

A mi hermanita Diana, que siempre me incentivó y motivó a ser un mejor ser humano.

**AGRADECIMIENTO**

A mi profesor Esteban Carrera por su gentil y apropiada dirección en la tesis. Su profesionalismo y entrega fueron determinantes a la hora de conformar este documento.

A los profesores Pablo Dávila y Henry Cárdenas, quienes con sus lecturas aportaron una visión diferente e integradora de mi investigación.

A la Universidad Internacional SEK, por su esfuerzo de formar profesionales íntegros.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1	El Problema de Investigación .....	11
1.1.1	Planteamiento del Problema.....	11
1.1.2	Objetivo General .....	13
1.1.3	Objetivos Específicos.....	13
1.1.4	Justificaciones .....	13
1.2	Marco Teórico .....	14
1.2.1	Generalidades sobre construcción de túneles.....	14
1.2.2	Higiene .....	20
1.2.4	Equipos de protección personal.....	23
1.2.5	Cascos de seguridad .....	24
1.2.6	Casco inteligente .....	29
1.2.7	Estado actual del conocimiento sobre el tema. ....	31
1.2.7	Identificación y Caracterización de las Variables .....	31
2	CAPITULO II. MÉTODO.....	32
2.1	Tipo de estudio .....	32
2.2	Modalidad de investigación.....	32
2.3	Población y Muestra. ....	32
2.4	Selección de instrumentos de Investigación.....	32
3	CAPITULO III. RESULTADOS.....	34
3.1	Presentación y análisis de resultados.....	34
3.1.1	Análisis de resultados.....	45
4	CAPITULO IV. DISCUSIÓN .....	47
4.1	Conclusiones.....	47
4.2	Recomendaciones .....	48
5	Bibliografía .....	49

## Índice de Tablas

Tabla 1 Pregunta 1.....	37
Tabla 2 Pregunta 2.....	38
Tabla 3 Pregunta 3.....	38
Tabla 4 Pregunta 4.....	39
Tabla 5 Pregunta 5.....	39
Tabla 6 Pregunta 6.....	40
Tabla 7 Pregunta 7.....	40
Tabla 8 Pregunta 8.....	41
Tabla 9 Pregunta 9.....	41
Tabla 10 Pregunta 10.....	42
Tabla 11 Análisis costo-beneficio .....	43
Tabla 12 Análisis costo – beneficio 2 .....	44

## Índice de figuras

Figura 1 Esquema de cargas del túnel con presión interior.....	15
Figura 2 Túnel 3 del Metro de Madrid, España.....	15
Figura 3 Túnel Hsuehshan, Taiwán.....	17
Figura 4 Túnel Santa Egiptia, Santander. España.....	17
Figura 5 Prueba de cobertura de telecomunicaciones en túnel.....	34
Figura 6 Recepción de mensajería de texto a casete. ....	35
Figura 7 Pruebas de detección de fuerzas G en impactos.....	35
Figura 8 Recepción de pruebas de impacto al cuarto de control. ....	36
Figura 9 Prueba de calidad de aire- trabajador TBM .....	36
Figura 10 Reuniones de retroalimentación de sistemas del casco.....	37
Figura 11 Pregunta 1 .....	37
Figura 12 Pregunta 2 .....	38
Figura 13 Pregunta 3 .....	38
Figura 14 Pregunta 4 .....	39
Figura 15 Pregunta 5 .....	39
Figura 16 Pregunta 6 .....	40
Figura 17 Pregunta 7 .....	40
Figura 18 Pregunta 8 .....	41
Figura 19 Tabulación.....	42
Figura 20 Pregunta 9 .....	42
Figura 21 Pregunta 10 .....	42

# 1 CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 El Problema de Investigación

“Las obras subterráneas incluyen la construcción de túneles para carreteras, autopistas, vías férreas y el tendido de tuberías de alcantarillado, agua caliente, vapor, conducciones eléctricas, cables telefónicos. Entre los riesgos de este trabajo se incluyen el duro trabajo físico, el polvo de sílice cristalino, el polvo de cemento, el ruido, las vibraciones, los escapes de los motores de combustión, las emanaciones químicas y la falta de oxígeno. A veces, estos trabajos deben realizarse en ambientes presurizados de tal manera que los trabajadores de estas obras corren el riesgo de sufrir lesiones graves y, a menudo, fatales. Algunos riesgos son los mismos que los de la construcción en superficie, pero agravados por la condición de trabajar en un espacio encerrado; otros riesgos son específicos del trabajo subterráneo, entre éstos se incluyen: golpes de maquinaria especial, electrocución, sepultamiento por desprendimientos de techo o paredes, asfixia o lesiones por fuegos y explosiones, así como en los trabajos en túneles se pueden encontrar bolsas de agua no previstas que pueden producir inundaciones y anegamientos”.

(Estrucplan Consultora S.A., 2008)

### 1.1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad no existe una solución tecnológica en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, que proporcione en tiempo real información tanto al trabajador como al personal médico y de rescate en casos de emergencia o evacuación, la ubicación dentro o fuera de zonas de sombra y que alerte al trabajador sin equipos adicionales o la necesidad de personal especializado en mediciones de calidad de ambiente en túneles y galerías.

### **1.1.1.1 Diagnóstico del problema. Síntomas y causas (Causa –efecto).**

En sus orígenes, en el siglo XIX y con la revolución industrial, se incorporó a los adelantos de esa época la construcción de los túneles ferroviarios. En el siglo XX se incrementaron las edificaciones subterráneas, por este motivo se desarrolla el metro, túneles de carreteras y otros túneles construidos según su necesidad, ya que estos últimos presentaron una mayor complejidad de producción. Sin embargo, se demostró que las malas condiciones de trabajo provocaban no solo lesiones al trabajador sino, además: pérdidas materiales, deterioro del clima laboral, pérdidas de tiempo y poca productividad. Introduciendo métodos y normas de trabajo que atenuaron estas probabilidades. (Díaz Gamez, Alejandro Rey, 2013)

### **1.1.1.2 Pronóstico**

La construcción de túneles y de obras subterráneas implica riesgos para todas las partes implicadas así como para otras no directamente involucradas, debido a las incertidumbres inherentes a estos proyectos. (Vasquez, 2011)

Si no se toman medidas o acciones necesarias para disminuir los riesgos en futuros proyectos de túneles y galerías, el índice de accidentabilidad en los trabajadores se incrementaría durante su periodo de construcción.

### **1.1.1.3 Control del Pronóstico**

De tal manera que para disminuir los riesgos que ocurren en trabajos subterráneos, éste trabajo se plantea un análisis de factibilidad de la implementación de un modelo de casco inteligente para trabajos en galerías y túneles.

### **1.1.2 Objetivo General**

Determinar la funcionalidad de un modelo de casco inteligente mediante la realización de una prueba piloto en trabajos de galerías y túneles para analizar la viabilidad de su uso.

### **1.1.3 Objetivos Específicos**

- Evaluar la percepción de comodidad de los trabajadores mediante encuestas de satisfacción del usuario respecto al equipo de protección personal para determinar la factibilidad de su uso.
- Evaluar la funcionalidad de los cascos inteligentes en espacios interiores mediante ensayos no destructivos para garantizar la seguridad del usuario.
- Verificar la eficacia de los sistemas de seguridad adaptados al casco inteligente mediante una prueba piloto en una cuadrilla en un turno de trabajo para analizar el costo-beneficio de su implementación.

### **1.1.4 Justificaciones**

En Ecuador se cuenta con normativa de uso de equipos de protección personal en trabajos de construcción, no obstante se necesita la implementación de un equipo de protección que enmarque características como la ubicación en tiempo real del trabajador dentro del túnel, condiciones atmosféricas del lugar donde se encuentre el trabajador, de existir un golpe en el casco registrará el punto de impacto, su intensidad, locación y dirección, sensores que identifique la existencia de movimiento por parte del trabajador, dispositivos para una comunicación entre el trabajador de túnel hacia la superficie.

## 1.2 Marco Teórico

### 1.2.1 Generalidades sobre construcción de túneles

La construcción de túneles y de obras subterráneas implica riesgos para los trabajadores que estén involucrados en estas tareas. Debido a las incertidumbres inherentes sobre todo por el terreno y las condiciones hidrológicas, pueden acontecer sobrecostos y retrasos muy importantes, así como riesgos para el medio ambiente. De los análisis históricos en el pasado por colapsos y otros desastres en el pasado, existe un verdadero riesgo de accidentes de gran magnitud durante su construcción. Incluso existe el riesgo de dañar o afectar a terceras personas o a sus propiedades generalmente las edificaciones situadas sobre la traza del túnel, en aquellos túneles ejecutados en zonas urbanas.

Un túnel es una obra subterránea de carácter lineal, cuyo objeto es la comunicación de dos puntos para realizar el transporte de personas, materiales o agua, entre otras cosas. Normalmente es artificial. (Vasquez, 2011)

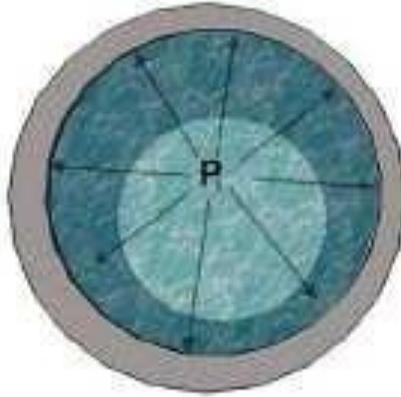
#### 1.2.1.1 Clasificación de túneles

En función de sus cargas y usos los túneles pueden clasificarse en:

##### 1.2.1.1.1 Con presión interior

Son los túneles los destinados a conducir un fluido a presión. Suelen tener sección circular debido a su radio hidráulico ventajoso. En estos casos es de vital importancia que el terreno aledaño sea lo mejor posible y si no, éste debe tratarse. (Vasquez, 2011)

Figura 1 Esquema de cargas del túnel con presión interior



#### 1.2.1.1.2 Túneles Ferroviarios. Metro:

Tienen unas dimensiones características según sean vía simple o vía doble, aunque con el auge de las nuevas líneas de alta velocidad el diseño de las dimensiones no es tan sencillo debido a la aerodinámica. En ocasiones, para evitar el efecto pistón se proyectan dos túneles gemelos.

(Vasquez, 2011)

*Figura 2 Túnel 3 del Metro de Madrid, España*



En general son túneles tan poco profundos como sea posible, por la importancia de un rápido y fácil acceso desde la superficie; es por ello que en los tramos donde no se ocasionan excesivos problemas por el corte de calles ni en la corrección o el corte de servicios más superficiales (líneas eléctricas, de gas, de alcantarillado, etc.) se construyen por el método de corte y relleno, que como su nombre sugiere, consiste en excavar desde la superficie para posteriormente y a cielo abierto construir el túnel, y por último rellenar y reconstruir la superficie. (Saavedra, 2004)

Otro método que afecta en menor grado a la superficie es el denominado por pantallas, muy útil en terrenos inestables o de relleno propios de zona urbanas. Se construyen dos pantallas de hormigón armado en el sentido longitudinal del túnel (en esta fase sólo se han excavado dos estrechas y profundas zanjas verticales), a continuación, se excava la zona entre pantallas hasta llegar a la línea curva de la bóveda, sirviendo el mismo terreno de encofrado, y se arma y hormigona dicha bóveda, para por último vaciar el hueco (con maquinaria convencional) y construir la contrabóveda. (Saavedra, 2004)

#### **1.2.1.1.3 Túneles carreteros:**

La evolución que han tenido pasa por un progresivo aumento de sección; hoy son frecuentes los túneles de 15 metros de diámetro. En ocasiones aumentar, 3 metros el diámetro de un túnel pueda parecer trivial, técnicamente supone una gran complejidad: el efecto escala hará que se presenten inestabilidades que no existían, el terreno a contener es mayor, las tuneladoras necesitan más fuerza en la cabeza de corte. (Vasquez, 2011)

Figura 3 Túnel Hsuehshan, Taiwán



También los túneles para carreteras pueden ser, al igual que para el ferrocarril, cortos y largos; su definición en planta también tiende a ser en recta por ser el camino más corto y por lo tanto el más económico, aunque al igual que para el ferrocarril se construyen en curva si las condiciones del terreno a atravesar lo recomiendan o por otras causas. (Saavedra, 2004)

#### 1.2.1.1.4 Otros tipos:

Es muy común en las ciudades encontrar túneles mixtos (ejemplo: carreteros y peatonales) en ciudades.

*Figura 4 Túnel Santa Egipcia, Santander. España*

### **1.2.1.2 Fases Constructivas de un túnel**

En términos generales, las fases constructivas de un túnel son las siguientes:

- Excavación
- Sostenimiento
- Revestimiento

En los túneles ejecutados en roca, la fase fundamental es la excavación. El sostenimiento es algo secundario, ya que los terrenos rocosos de mediana o buena calidad se pueden sostener prácticamente por sí mismos. Sin embargo, en los proyectos de túneles en terrenos blandos o de mala calidad lo que prima por encima de todo es el sostenimiento. (Vasquez, 2011)

### **Riesgos y medidas preventivas a trabajadores en trabajos de construcción túneles**

Los principales riesgos y sus medidas preventivas se pueden centrar en las diferentes tareas que realizan los trabajadores durante la construcción de túneles, siendo:

- **Caída de personas a distinto nivel**
  - Uso de arnés de seguridad anti caídas si las condiciones no permitan trabajar desde plataformas de trabajo.
  - Mantener limpias las barandillas, peldaños, plataformas, escaleras.
- **Caída de personas a un mismo nivel**
  - Orden y limpieza en el área de trabajo
- **Caída de objetos por desplome o derrumbamiento**

- En el caso de realizar trabajos en cargas suspendidas éstas se deberán calzar en condiciones estables.
- Las cadenas, estrobos, eslingas estarán en correcto estado de uso y mantenimiento, verificándose antes de su utilización.
- **Proyección de partículas o fragmentos**
  - Mantenimiento adecuado y conservación de las herramientas.
  - Utilización de equipos de protección personal adecuados al proceso.
- **Golpes y cortes por objetos o herramientas**
  - Mantenimiento de herramientas
  - Utilización de equipos de protección personal adecuados al proceso.
- **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos**
  - Todos los órganos móviles se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.
  - El trabajo no se dará por finalizado hasta comprobar que el elemento manipulado no se encuentre en condiciones de seguridad y estabilidad.
- **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**
  - Emplear elementos mecánicos para la manipulación de cargas.
  - Formación específica en manipulación manual de cargas.
- **Contactos térmicos (uso de soplete)**
  - Utilización de equipos de protección personal adecuados al proceso (guantes, manguitos)
- **Contactos eléctricos**

- Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
  - **Exposición a radiaciones (trabajos de soldadura)**
    - Utilización de gafas con cristales adecuados a la radiación (pantallas o gafas de soldadura).
  - **Incendios y/o explosiones**
    - Mantenimiento de orden y limpieza de la zona de trabajos.
    - Se dispondrá de medios de extinción adecuados y bien localizados.
  - **Atropellos o golpes con vehículos**
    - Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
    - Iluminación general de las zonas de trabajo.
    - La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
    - El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
- (OSALAN, 2012)

### **1.2.2 Higiene**

Además de los riesgos higiénicos derivados de la construcción en espacios al aire libre, hay que tener presente los derivados por la condición de trabajar en un espacio confinado, entendiendo como tal: “cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida, ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos, inflamables o explosivos, o tener deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador”.

En espacios confinados los riesgos específicos a controlar son las atmósferas asfixiantes, cuando la concentración de oxígeno es inferior a los 19,5% en volumen; las atmósferas inflamables, cuando la concentración de combustible es superior al 20% del límite inferior de explosividad; las atmósferas tóxicas cuando las concentraciones de los agentes químicos superan los valores límite ambientales. (OSALAN, 2012)

#### 1.2.2.1 Contaminantes físicos (riesgos y medidas preventivas)

- **Ruido:** equipos de excavación, perforación, grupos electrógenos, maquinaria de transporte, compresores, equipos de filtrado, ventiladores internos, herramientas mecánicas.
  - Mantenimiento de la maquinaria.
  - Utilización de protección auditiva adecuados al proceso realizado.
- **Iluminación:** en el frente de trabajo, zonas de paso, de emergencia y señalización.
  - Mantenimiento y limpieza de los elementos de iluminación.
  - El alumbrado de emergencia deberá mantener los niveles de iluminación exigibles.
- **Vibraciones:** en manejo de máquinas (cuerpo entero), herramientas mecánicas (mano-brazo).
  - Elección de equipo de trabajo adecuado.
  - Mantenimiento de la maquinaria.
  - Reducir en lo posible las irregularidades del terreno.
  - Cabinas y asientos con suspensión integrada.
  - Inflado adecuado de neumáticos.
  - Establecer las pausas correspondientes en el trabajo.

- Empuñaduras anti vibratorias en las herramientas mecánicas (asas, mangos o cubiertas).
- **Radiaciones:** en trabajos de soldadura.
  - Utilización de equipos de protección visual con cristales coloreados adecuados a la radiación (pantallas o gafas de soldadura).
- **Ambiente térmico:** baja/alta temperatura, corrientes de aire.
  - Aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío/calor y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de la ropa adecuada.

#### 1.2.2.2 Contaminantes químicos (riesgos y medidas preventivas)

- **Ambiente pulvígeno:** en trabajos de excavación, perforación, movimiento de maquinaria.
  - Comprobación periódica de las condiciones ambientales, sílice...
  - Selección de equipos con aspiración incorporada.
  - Empleo de vía húmeda.
  - Ventilación adecuada al sistema constructivo.
  - Limpieza/humectación en los trazados de circulación.
  - Utilización de maquinaria/equipos adecuados
  - Utilización de protección respiratoria adecuada al proceso realizado.
- **Gases:** derivados de la combustión en maquinaria y/o equipos, procedentes de la voladura.
  - Comprobación periódica de las condiciones ambientales.
  - Ventilación adecuada al sistema constructivo.
  - Empleo de catalizadores en los motores de combustión.
  - Mantenimiento de la maquinaria.

- Utilización de maquinaria/equipos adecuados (cabinas con aire filtrado y acondicionado...).
- Utilización de protección respiratoria adecuada al proceso realizado.
- **Vapores:** desencofrantes, aditivos, sellados.
  - Comprobación periódica de las condiciones ambientales.
  - Utilización de protección respiratoria adecuada al proceso realizado.
  - Adoptar las medidas previstas en la Etiqueta y Ficha de Datos de Seguridad del producto, suministrada por el fabricante.
- **Sustancias cáusticas y/o corrosivas:** cementos, productos de limpieza.
  - Utilización de equipos de protección individual adecuados al proceso realizado.
  - Adoptar las medidas previstas en la Etiqueta y Ficha de Datos de Seguridad del producto, suministrada por el fabricante.

### 1.2.2.3 Contaminantes biológicos (riesgos y medidas preventivas)

- **Causados por seres vivos:** picaduras de insectos, legionella.
  - Evitar el uso de agua estancada en los riegos (legionella).
  - Empleo de repelentes para insectos. (OSALAN, 2012)

### 1.2.4 Equipos de protección personal

“La cuestión de la protección personal debe considerarse en el contexto de los métodos de control para la prevención de las lesiones y enfermedades profesionales. En los casos en que procede, se resumen las homologaciones, certificados y normas que se aplican a los dispositivos y equipos de protección.

Para que la protección personal constituya una respuesta eficaz a un problema de riesgo profesional, es preciso conocer plenamente la naturaleza del propio riesgo y su relación con el medio ambiente de trabajo en su conjunto. Aunque esto parece tan obvio que apenas debería ser necesario mencionarlo, la sencillez aparente de muchos instrumentos protectores induce a prescindir de este paso de evaluación. Las consecuencias de proporcionar dispositivos y equipos protectores inadecuados para los riesgos y el medio ambiente global de trabajo van desde la resistencia o la negativa a llevar un equipo que resulta inapropiado hasta la merma del rendimiento laboral y el riesgo de lesión e incluso la muerte del trabajador. Para lograr un equilibrio adecuado entre riesgo y medida de protección, es preciso conocer la concentración de los peligros (incluidos los agentes químicos, físicos y biológicos), el tiempo durante el cual debe el dispositivo ejercer un nivel determinado de protección y la naturaleza de la actividad física que puede realizarse mientras se usa el equipo. Esta evaluación preliminar del peligro constituye una etapa de diagnóstico esencial que debe realizarse antes de elegir la protección adecuada”. (Robert F. Herrick, 2001)

Al elegir dispositivos y equipos de protección es importante tener en cuenta que su objetivo no es reducir el riesgo y la exposición a cero. Combinando tres datos esenciales como la naturaleza y magnitud del riesgo, grado de protección proporcionado y nivel admisible de exposición y riesgo mientras se usa el equipo, se pueden seleccionar equipos y dispositivos para proteger debidamente a los trabajadores.

### **1.2.5 Cascos de seguridad**

“El principal objetivo del casco de seguridad es proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos. También puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica.

Para reducir las consecuencias destructivas de los golpes en la cabeza, el casco debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Limitar la presión aplicada al cráneo distribuyendo la carga sobre la mayor superficie posible. Esto se logra dotándolos de un arnés lo suficientemente grande para que pueda adaptarse bien a las distintas formas del cráneo, combinado con un armazón duro de resistencia suficiente para evitar que la cabeza entre en contacto directo con objetos que caigan accidentalmente o contra los que golpee el usuario. Por tanto, el armazón debe resistir la deformación y la perforación.
2. Desviar los objetos que caigan por medio de una forma adecuadamente lisa y redondeada. Los cascos con rebordes salientes tienden a parar los objetos que caen en lugar de a desviarlos y, por tanto, absorben algo más de energía cinética que los totalmente lisos.
3. Disipar y dispersar la posible energía que se les transmita de modo que no pase en su totalidad a la cabeza y el cuello. Esto se logra por medio revestimiento del arnés, que debe estar bien sujeto al armazón duro y absorber los golpes sin desprenderse de él. También debe ser suficientemente flexible para deformarse por efecto del impacto sin tocar la superficie interior del armazón. Esta deformación, que absorbe casi toda la energía del choque, está limitada por la cantidad de espacio libre entre el armazón duro y el cráneo, y por la elongación máxima que tolera el arnés antes de romperse. Por tanto, la rigidez o dureza del arnés debe atender tanto a la cantidad máxima de energía que puede absorber como a la tasa progresiva a la que el golpe puede transmitirse a la cabeza”. (Mayer, 2001)

“Todo el equipo protector de la cabeza se debe limpiar y verificar con regularidad, si el casco presenta hendiduras o grietas o indicios de envejecimiento o deterioro del arnés, debe desecharse. La limpieza y desinfección son particularmente importantes si el usuario suda mucho o si el casco deben compartirlo varios trabajadores”. (Mayer, 2001)

En referencia a la elección de un casco de seguridad, aún no se ha creado el casco ideal que brinde y proporcione al trabajador protección y comodidad en todas las situaciones. En lo referente a la protección hay que elegir el casco frente a los peligros que el trabajador enfrenta y buscando condiciones de uso. (Mayer, 2001)

### **1.2.5.1 Clasificación para cascos**

“Los cascos de seguridad industrial se describen por tipo de impacto y clase eléctrica. Todos los cascos de seguridad industrial deben cumplir ya sea con los requisitos tipo I o tipo II. Todos los cascos deben clasificarse adicionalmente como que cumplen con requisitos eléctricos clase G, clase E o clase C. Los cascos que cumplen con los requisitos de ensayo para uso en posición al revés deben rotularse con la marca de uso en posición al revés. Por ejemplo: tipo I, clase G o tipo II, clase E LT.

#### **1.2.5.1.1 Tipos de impacto:**

##### **1.2.5.1.1.1 Tipo I**

Los cascos tipo I están previstos para reducir la fuerza de impacto resultante de un golpe solamente a la parte superior de la cabeza.

### **1.2.5.1.1.2 Tipo II**

Los cascos tipo II están previstos para reducir la fuerza de impacto resultante de un golpe a la parte superior o lados de la cabeza.

### **1.2.5.1.1.3 Clases eléctricas**

#### **1.2.5.1.1.4 Clase G (general)**

Los cascos clase G se prevén para reducir el peligro de contacto con conductores de bajo voltaje. Las muestras de ensayo deben probarse a 2 200 V (fase a tierra). Este voltaje no se prevé como una indicación del voltaje al que el casco protege a la persona que lo usa.

#### **1.2.5.1.1.5 Clase E (eléctrica)**

Los cascos clase E se prevén para reducir el peligro de contacto con conductores de más alto voltaje. Las muestras de ensayo se prueban a 20 000 V (fase a tierra). Este voltaje no se prevé como una indicación del voltaje al que el casco protege a la persona que lo usa.

#### **1.2.5.1.1.6 Clase C (conductiva)**

Los cascos clase C no se prevén para proveer protección contra contacto con riesgos eléctricos.

Los cascos con opción de uso en posición al revés se prevén para pasar todos los requisitos de ensayos, ya sean usados hacia delante o hacia atrás, de acuerdo con las instrucciones de uso del fabricante.

### **1.2.5.2 Requisitos del casco**

Cascos de seguridad de uso general en la industria:

Los cascos de seguridad de uso general en la industria, deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma EN 397 vigente o sus adopciones equivalentes, o en la norma ANSI Z89 vigente.

#### **1.2.5.2.1 Requisitos para cascos tipo I y tipo II**

##### **1.2.5.2.1.1 Inflamabilidad:**

Los cascos deben ensayarse de acuerdo con A.1, en cualquier parte encima de la LEE. Ninguna flama debe ser visible cinco segundos, después de remoción de la flama de ensayo.

##### **1.2.5.2.1.2 Transmisión de fuerza:**

Los cascos deben ensayarse de acuerdo con A.2 y no deben transmitir una fuerza a la forma de cabeza de ensayo que exceda 4 450 N. Adicionalmente, para cada condición de ensayo especificada, la máxima fuerza transmitida de muestras de ensayo individuales debe promediarse. Los valores promediados no deben exceder 3 780 N.

##### **1.2.5.2.1.3 Penetración de ápice:**

Los cascos deben ensayarse, de acuerdo con A.3. El penetrador no debe hacer contacto con la parte superior de la forma de cabeza de ensayo.

##### **1.2.5.2.1.4 Requisitos de aislamiento eléctrico:**

Los cascos clase G y clase E deben cumplir los requisitos de desempeño apropiados, como se enumera a continuación. Los cascos clase C no se ensayan para aislamiento eléctrico.

#### **1.2.5.2.1.5 Requisitos clase G**

Los cascos clase G deben ensayarse, de acuerdo con A.7 y deben resistir 2 200 V (media cuadrática), AC, 60 Hertz, por un minuto. El escape no debe exceder tres miliamperios.

#### **1.2.5.2.1.6 Requisitos clase E**

Cada casco que cumpla los requisitos clase E para aislamiento eléctrico, primero debe pasar por el ensayo de transmisión de fuerza especificada en 6.1.1.2. (La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad, 2014)

### **1.2.6 Casco inteligente**

Existe una empresa que brinda una solución inteligente de seguridad integral, la cual presenta un elemento de seguridad pasivo como es el casco inteligente, con una serie de sistemas que aumenta la seguridad de los trabajadores en trabajos de túneles.

Dicho equipo es una herramienta para la seguridad de los trabajadores que brinda características técnicas como:

- Detección de la calidad atmosférica que analiza la calidad del aire y avisa si ésta es nociva para el operario mediante un sistema de sensores (detector de gases). Este sensor da una información sencilla a los trabajadores, mediante una barra grafica que es rellena (en la pantalla del casete) en función de la contaminación encontrada en el aire, el umbral de alarma es programable por la propiedad (al igual que todos los sensores) y cuando este se sobrepasa la unidad enciende unos leds rojo verde que parpadean (en la visera) mientras continúa la atmósfera.

- Sensor de movimiento que testea la actividad física del trabajador, que si detecta anomalías en el comportamiento (desmayos) o si se encuentra inmóvil durante un tiempo prefijado por la propiedad, se envía una alarma automáticamente al cuarto de control.
- Detecta un impacto en la cabeza del trabajador, estudia su dirección y su intensidad en G, avisando al cuarto de control si corre peligro.
- Localiza la posición activamente en tiempo real del trabajador por cobertura GPS (sistema de posicionamiento global), también puede enviar la posición en el caso de que no exista un cuarto de control a un móvil o smartphone junto a una alarma.
- Comunicación bidireccional segura en interior o exterior con el cuarto de control mediante mensajería de texto, el operario podrá recibir comunicaciones de aviso o alarma y de este modo se puede evacuar la galería con solo el envío de un mensaje masivo a todos los usuarios de la galería.
- Sistema de envío urgente de ayuda o emergencia al cuarto de control mediante la pulsación de un botón, señalando mediante iluminación de alta potencia el operario en problemas.
- Leds faro de alta luminosidad en las unidades que estén en emergencia, emitirán fuertes destellos visibles en la oscuridad para comunicar su posición y que la brigada de rescate o cualquier compañero puede ver desde lejos una unidad en alarma.
- Desde el cuarto de control se pueden programar zonas en cualquier punto de la galería, teniendo tres posibilidades:
  - Alarma de zona de entrada: Esta zona alertara de la entrada en la misma de todos los operarios que no tengan los permisos suficientes para estar en ellas (avisaría

por ejemplo de los operarios que entrasen en un polvorín sin ser artilleros, o en una rampa de camiones sin ser choferes, etc)

- Alarma de zona de salida: Esta Alarma se producirá cuando los operarios salgan de una zona definida sin tener los permisos para hacerlo.
- Alarma de permanencia: Esta alarma se producirá si los operarios permanecen en una zona más de un tiempo definido. (Helmet, s.f.)

### **1.2.7 Estado actual del conocimiento sobre el tema.**

En el Ecuador no hay estudios previos de implementaciones de cascos inteligentes en galerías o túneles.

El desarrollo de cascos es una tecnología de vanguardia y haremos el análisis para la implementación y la oportunidad de mejorar las condiciones de trabajo de los trabajadores en túneles y galerías, a través de una solución de seguridad integral (casco inteligente) que interactúa con el trabajador y está diseñada para salvar vidas.

### **1.2.7 Identificación y Caracterización de las Variables**

Las variables dependiente identificadas son el confort y la sensación de seguridad que brinda el casco.

La variable independiente identificada son la cantidad de servicios que entrega el equipo.

## 2 CAPITULO II. MÉTODO.

### 2.1 Tipo de estudio

Éste proyecto se realizará mediante un estudio de tipo exploratorio, en el cual se analizará la factibilidad de la implementación de un modelo de casco inteligente en galerías y túneles, con los diferentes métodos de ensayo, observaciones de campo y encuestas a los trabajadores expuestos para determinar los resultados y posteriormente sus recomendaciones.

### 2.2 Modalidad de investigación

De campo:

La investigación a realizar recopilará información documental del modelo de casco a evaluar, así como como también en campo para la realización del estudio, es decir se tendrá que identificar a la población expuesta para evaluar mediante los métodos descritos en este trabajo.

### 2.3 Población y Muestra.

Debido a que el estudio es exploratorio y a la poca información que se puede encontrar en el país, se realizaron las encuestas a la empresa que se me permitió el acceso.

**Población:** 10 personas que trabajan en túneles y que usan cascos como equipo de protección personal.

### 2.4 Selección de instrumentos de Investigación

**Observación**

A través de una prueba piloto de funcionalidad del casco inteligente se determinará la eficacia de los sistemas de seguridad y se obtendrá un análisis más claro de las características técnicas del casco.

## **Encuestas**

“Dentro de los métodos subjetivos la técnica más habitual es la de la encuesta. La encuesta nos permite obtener información sobre un problema o un aspecto de éste, a través de una serie de preguntas, previamente establecidas, dirigidas a las personas implicadas en el tema del estudio.

Un cuestionario es un conjunto de preguntas que tiene como finalidad la obtención de los datos necesarios para una investigación. Para su elaboración, se parte de las variables y los indicadores establecidos en fases anteriores, construyendo una batería de preguntas para cada variable. Hay dos criterios a cumplir: primero, la eficacia para la investigación de cada pregunta; segundo, si el número de preguntas que se hace para cada tema es el suficiente. Una vez realizada la batería de preguntas, conviene realizar un análisis más exhaustivo tanto del contenido de las preguntas, como de su colocación en el cuestionario”. (INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, 19+#)

Se realizó una encuesta de satisfacción de uso del modelo de casco inteligente a trabajadores en un túnel en base a un conjunto de preguntas, con la finalidad de extraer información relevante que brinde resultados en cuanto a la viabilidad de su implementación.

### 3 CAPITULO III. RESULTADOS

#### 3.1 Presentación y análisis de resultados

##### **Prueba piloto de funcionalidad del casco**

Se realizó una prueba piloto dentro de un túnel para determinar la funcionalidad del casco inteligente en todas sus características técnicas que posee.

Los 10 trabajadores de un túnel se colocaron el equipo durante un mes, realizando cada uno sus actividades en sus puestos de trabajo.

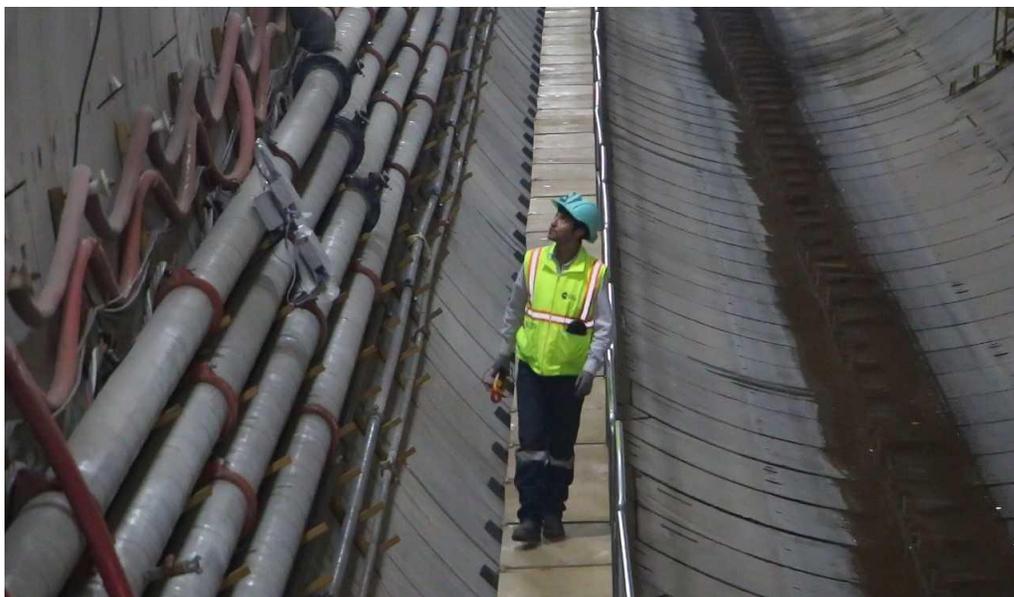


Figura 5 Prueba de cobertura de telecomunicaciones en túnel

Además, se realizaron pruebas de comunicación entre el cuarto de control y los trabajadores del túnel con el envío de mensajes de texto a la pantalla del casete del casco, para enviar ayuda de la brigada de rescate en caso de emergencia.



Figura 6 Recepción de mensajería de texto a casete.

Durante los turnos de trabajo se comprobó las pruebas de detección de impacto, las cuales consistieron en un golpe en el casco del trabajador, por lo que la unidad registró su intensidad, localización, dirección, evaluó el impacto y transmitió el evento al cuarto de control.



Figura 7 Pruebas de detección de fuerzas G en impactos.

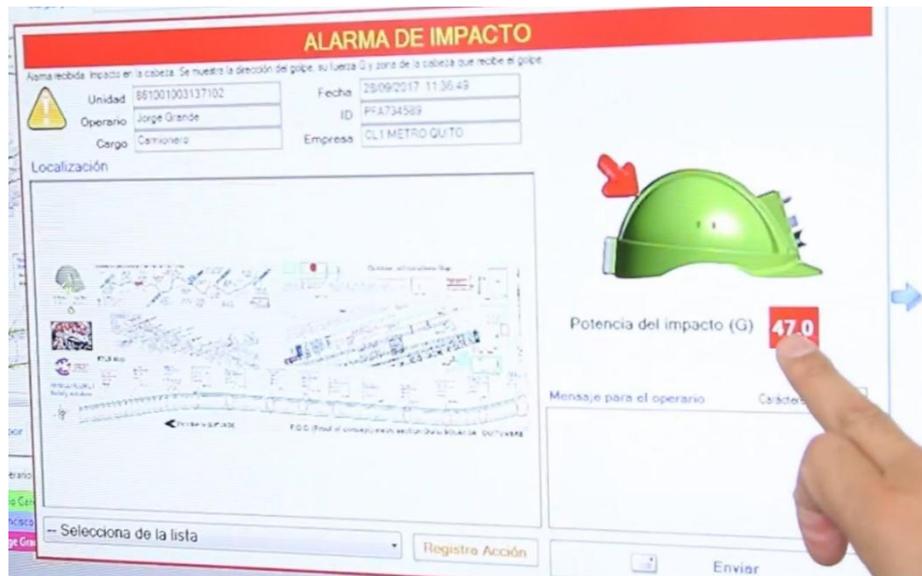


Figura 8 Recepción de pruebas de impacto al cuarto de control.

Se analizó la calidad del aire mediante los sistemas de sensores adaptados al casco indicando si ésta es nociva para el trabajador.



Figura 9 Prueba de calidad de aire- trabajador TBM

La capacitación del uso y de la retroalimentación del funcionamiento de los sistemas del casco, fue fundamental, ya que se pudo evidenciar fallos en comunicaciones, para mejorar el sistema de transmisión de datos al cuarto de control, así como alarmas falsas, y los parámetros de medición y tolerancia de los sistemas del casco.



Figura 10 Reuniones de retroalimentación de sistemas del casco.

### Encuesta de satisfacción en el uso del casco inteligente

Los resultados del cuestionario de preguntas en las encuestas de satisfacción en el uso del casco inteligente fueron:

Tabla 1 Pregunta 1

1. Cómo califica la comodidad que brinda el casco hacia usted?		
Trabajador	Respuesta	Clasificación
1	4	Bueno
2	4	Bueno
3	4	Bueno
4	3	Aceptable
5	4	Bueno
6	4	Bueno
7	3	Aceptable
8	4	Bueno
9	4	Bueno
10	3	Aceptable

Figura 11 Pregunta 1

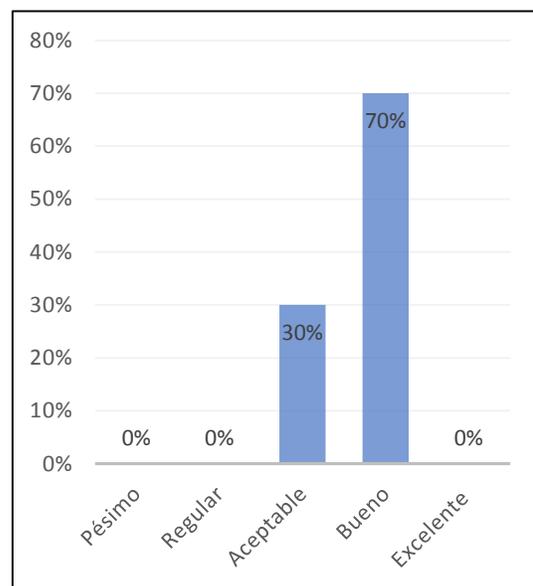


Tabla 2 Pregunta 2

2. Considera que el casco es cómodo por su peso?		
Trabajador	Respuesta	Clasificación
1	4	Bueno
2	4	Bueno
3	4	Bueno
4	3	Aceptable
5	4	Bueno
6	3	Aceptable
7	3	Aceptable
8	3	Aceptable
9	4	Bueno
10	3	Aceptable

Figura 12 Pregunta 2

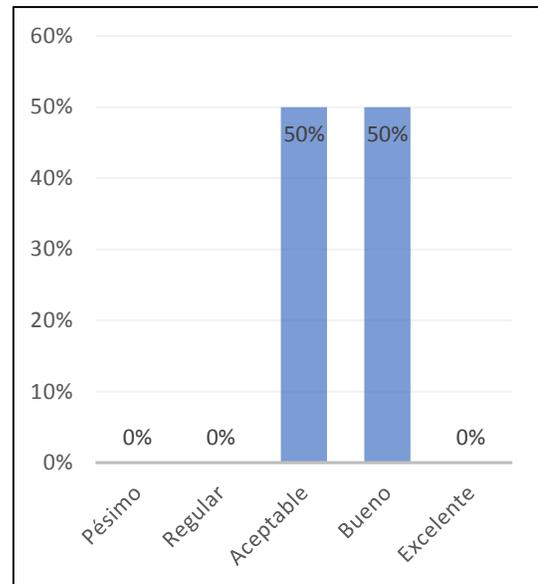


Tabla 3 Pregunta 3

3. Considera que el casco es cómodo por su tamaño?		
Trabajador	Respuesta	Clasificación
1	4	Bueno
2	4	Bueno
3	4	Bueno
4	3	Aceptable
5	4	Bueno
6	3	Aceptable
7	3	Aceptable
8	3	Aceptable
9	4	Bueno
10	2	Regular

Figura 13 Pregunta 3

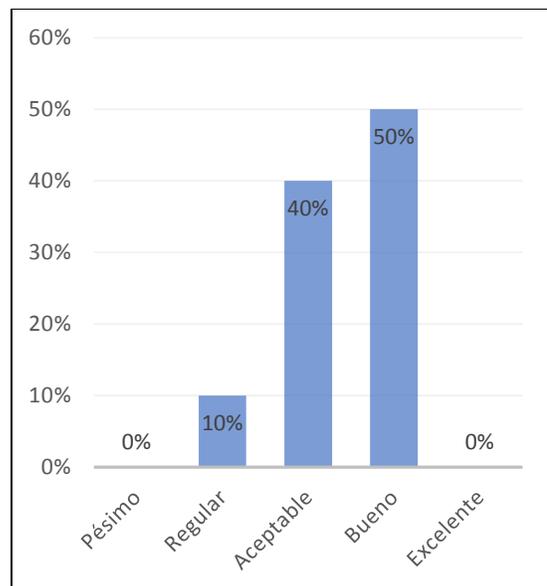


Tabla 4 Pregunta 4

4. Cómo considera usted los beneficios que el casco posee?		
Trabajador	Respuesta	Clasificación
1	5	Excelente
2	4	Bueno
3	4	Bueno
4	4	Bueno
5	4	Bueno
6	4	Bueno
7	5	Excelente
8	4	Bueno
9	5	Excelente
10	5	Excelente

Figura 14 Pregunta 4

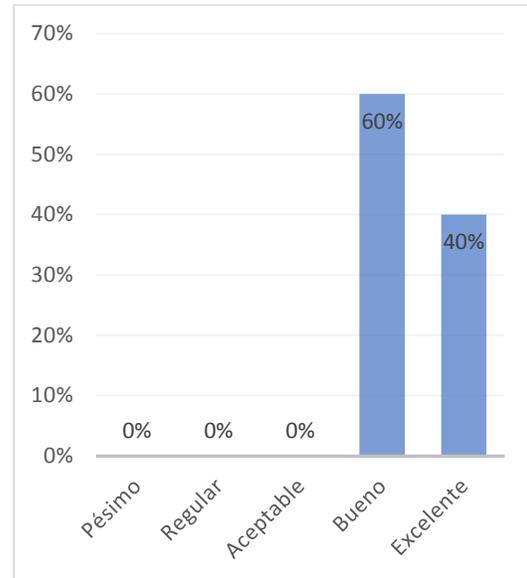


Tabla 5 Pregunta 5

5. Cómo califica usted la implementación del casco?		
Trabajador	Respuesta	Clasificación
1	5	Excelente
2	4	Bueno
3	4	Bueno
4	4	Bueno
5	4	Bueno
6	4	Bueno
7	5	Excelente
8	4	Bueno
9	5	Excelente
10	5	Excelente

Figura 15 Pregunta 5

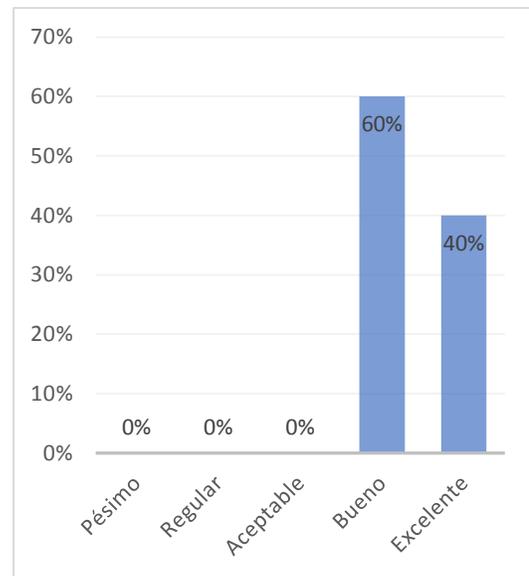


Tabla 6 Pregunta 6

6. El casco ha generado molestias por calor durante su jornada laboral?		
Trabajador	SI	NO
1		X
2		X
3		X
4		X
5		X
6		X
7		X
8		X
9		X
10		X

Figura 16 Pregunta 6

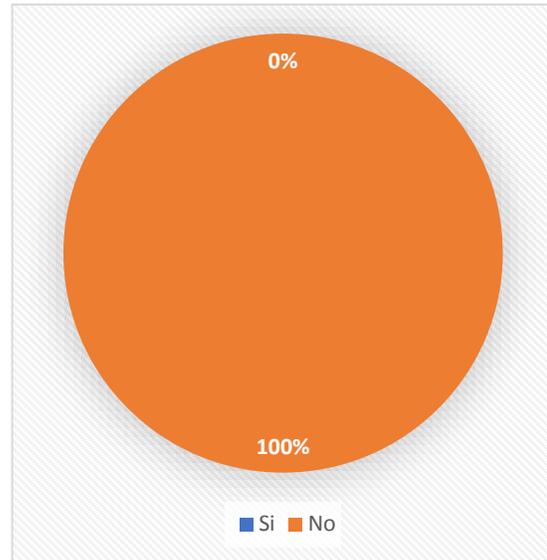


Tabla 7 Pregunta 7

7. Ha sido suficiente la capacitación para el uso de todos los sistemas de seguridad que ofrece el casco?		
Trabajador	SI	NO
1	X	
2	X	
3	X	
4	X	
5	X	
6	X	
7	X	
8	X	
9	X	
10	X	

Figura 17 Pregunta 7

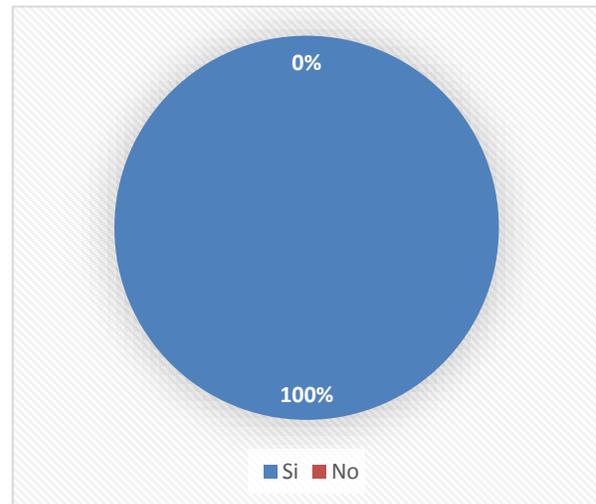


Tabla 8 Pregunta 8

8. Ha sido informado de todos los beneficios que el casco posee?		
Trabajador	SI	NO
1	X	
2	X	
3	X	
4	X	
5	X	
6	X	
7	X	
8	X	
9	X	
10	X	

Figura 18 Pregunta 8

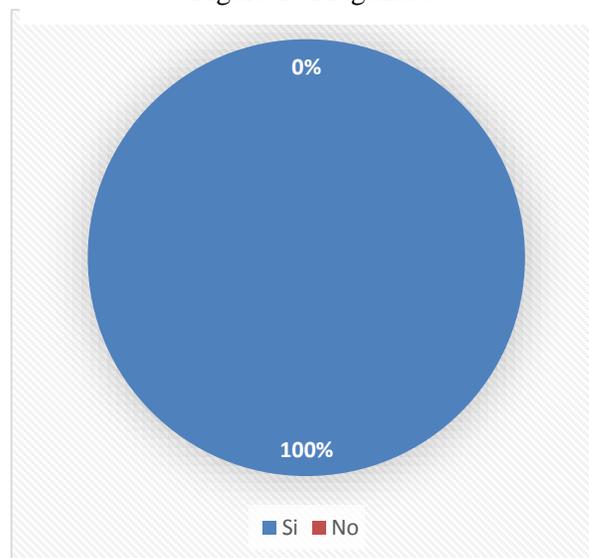


Tabla 9 Pregunta 9

9. Preferiría usted utilizar un casco inteligente?			
Trabajador	SI	NO	Por qué?
1	X		Seguridad
2	X		Confianza
3	X		Seguridad
4	X		Localización
5	X		Seguridad
6	X		Confianza
7	X		Seguridad
8	X		Confianza
9	X		Comunicación
10	X		Localización

Si	100%	Seguridad	40%
No	0%	Confianza	30%
		Localización	20%
		Comunicación	10%

Figura 20 Pregunta 9

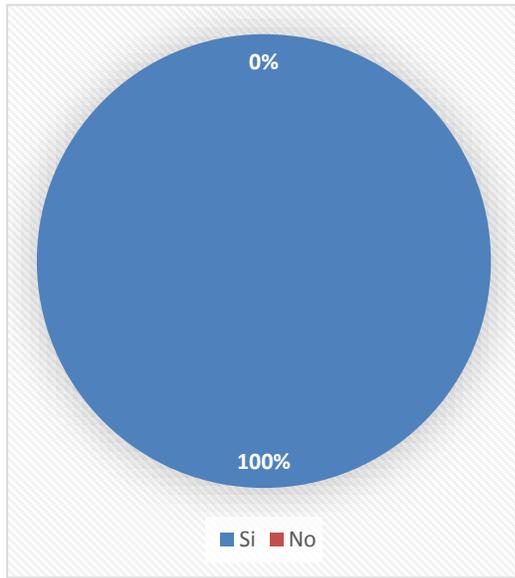


Figura 19 Tabulación

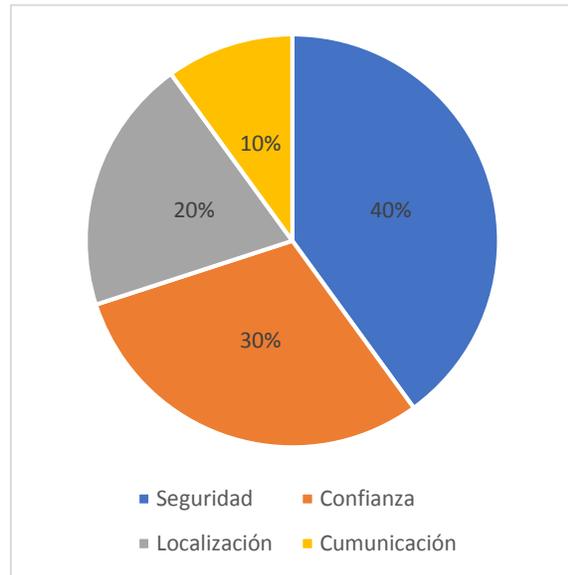
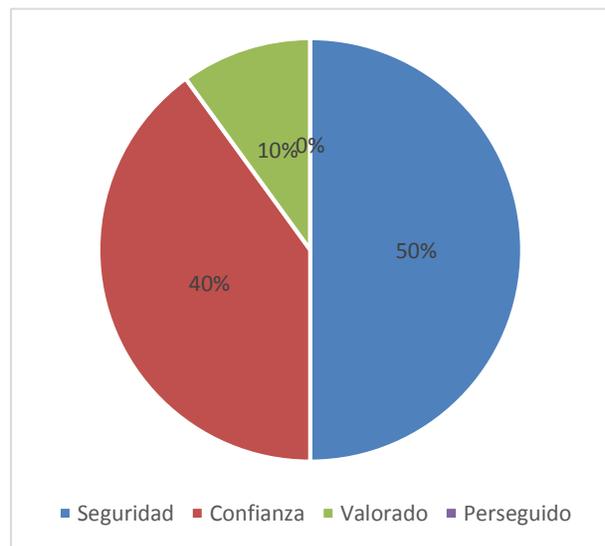


Tabla 10 Pregunta 10

10. Qué sensación le genera a usted en la comunicación entre usted y el cuarto de control ?	
Trabajador	Respuesta
1	Seguridad
2	Confianza
3	Seguridad
4	Seguridad
5	Valorado
6	Confianza
7	Seguridad
8	Confianza
9	Seguridad
10	Confianza

Figura 21 Pregunta 10



## Análisis costo-beneficio de un casco inteligente vs solución de seguridad convencional

Tabla 11 Análisis costo-beneficio

<b>CASCO INTELIGENTE</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
Unidad CASCO INTELIGENTE (incluido cassette mod. 2 sof basic y cargador micro USB sin fuente de carga)	1	300	300
Soporte de instalación, montaje, puesta en marcha y formación.	1	250	250
Herrajes metálicos para la sujeción e instalación de equipos wifi 3x3	20	30	600
Rollos de cable BLIND 305 m FTP	8	225	1800
WIFI Wireless Router	12	50	600
		<b>TOTAL</b>	<b>2950</b>

Beneficios con la implementación del casco inteligente:

- Detección de calidad atmosférica mediante un sensor de amplio espectro que analiza la calidad del aire.
- Detección de impactos mediante sensores que estudian su dirección y su intensidad en G, avisando al cuarto de control si corre peligro.
- Localiza la posición activamente en tiempo real del trabajador por cobertura GPS (sistema de posicionamiento global).

- Leds faro de alta luminosidad en las unidades que estén en emergencia, emitirán fuertes destellos visibles en la oscuridad para comunicar su posición.

Tabla 12 Análisis costo – beneficio 2

<b>SOLUCIÓN DE SEGURIDAD CONVENCIONAL</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
Unidad Casco MSA V-GARD 950	1	18,5	18,5
Detector de gases MSA Altair	1	1850	1850
Sistema de comunicación por radio frecuencia (incluido duplexor y 10 handy)	1	3500	3500
Sistema de control de acceso y cámaras CCTV	1	3000	3000
		<b>TOTAL</b>	<b>8368,5</b>

Beneficios con la implementación de las soluciones de seguridad:

- La diferencia clara es que para mediciones de gases se necesita del recurso humano para analizar la calidad del aire
- Si existirían derrumbes o caída de objetos dentro del túnel, el trabajador pudiera quedar inconsciente o inhabilitado para solicitar ayuda inmediata a las brigadas de rescate.

### **3.1.1 Análisis de resultados**

#### **Análisis de resultados de la Prueba piloto de funcionamiento del casco**

Durante la prueba piloto que se llevó a cabo en una empresa en la ciudad de Quito, se pudo evidenciar que durante ese mes se realizaron varias pruebas de detección de impacto, presentando a tiempo real los operarios en el plano de la galería, comunicando las alarmas que sucedan, las peticiones de ayuda, comunicaciones, transmitiendo el envío de SMS a uno o varios operarios. Mediante la aplicación también podremos configurar de zonas o aéreas peligrosas, programación de alarmas, programación de umbrales de unidades etc.

#### **Análisis de resultados de la encuesta de satisfacción del uso del casco inteligente**

De conformidad con los resultados que se obtuvo de las encuestas de satisfacción en el uso del casco inteligente podemos identificar lo siguiente:

- La mayoría de trabajadores respondió que la comodidad que brinda el casco es buena, que a pesar por su peso de 390 gramos (ver Anexo 1) vs un casco convencional que pesa 306 gramos (ver Anexo 2), no generó molestia alguna al momento de su utilización.
- El casco no representó molestia alguna por motivos de calor a los trabajadores del túnel durante su utilización en sus turnos de trabajo.
- El personal conoce y ha sido capacitado en el uso de todos los sistemas de seguridad que ofrece el casco.
- Todo el personal prefirió usar el casco inteligente ya que les generó una sensación de seguridad al momento de interactuar con el mismo durante su periodo de prueba.

- La capacidad de la comunicación que el personal mantuvo con el cuarto de control incrementó la percepción de seguridad y confianza en los trabajadores.

### **Análisis de resultados del costo beneficio del casco inteligente vs soluciones de seguridad convencionales**

Mediante el análisis comparativo de costos se determinó que un casco inteligente reúne todas las características técnicas e interactúa con el trabajador por un valor de 2950 usd vs las soluciones de seguridad convencional, con un valor de 8.368,50 usd y que además de necesitar la ayuda de recurso humano para analizar calidad del aire o que en caso de emergencia el personal médico no pueda localizar al trabajador que pueda estar inhabilitado por su estado en un túnel.

## 4 CAPITULO IV. DISCUSIÓN

### 4.1 Conclusiones

En base a los análisis de los resultados se generan las siguientes conclusiones:

- La implementación del modelo de casco inteligente contribuyó al mejoramiento en las condiciones de trabajo por su funcionalidad y operatividad del mismo, en base a la prueba piloto que se desarrolló en los trabajadores de un túnel.
- Los trabajadores generaron confianza al momento de comunicarse con el cuarto de control por medio de mensajes de texto y que al momento de una emergencia que se suscite en túnel el personal médico en conjunto con los brigadistas acudiría lo más pronto a su rescate y evacuación.
- Se evidenció en las encuestas de satisfacción que la interacción entre trabajador y el casco fue de un porcentaje alto de comodidad en el uso del mismo en base a su tamaño y peso
- El casco inteligente con todos sus dispositivos de seguridad incluidos en la misma pesa 390 gramos (ver Anexo 1), en comparación con un casco MSA que pesa 306 gramos (ver Anexo 2), pero representaría incomodidad al trabajador teniendo que portar su detector de gases y su handy durante su jornada laboral.
- Durante la prueba piloto que se llevó a cabo, se verificó la eficacia en la funcionalidad de los sistemas de seguridad que ofrece el casco inteligente, funcionalidad que dio como resultado una respuesta correcta en tiempo y fiabilidad de información con el cuarto de control.

- Existió la necesidad de una programación de umbrales de unidades como la detección de movimiento con aviso, áreas peligrosas, etc.
- La mayoría de trabajadores que utilizaron el casco inteligente durante la prueba piloto, prefirió utilizar el modelo de casco inteligente por motivos de seguridad, confianza y la comunicación directa con el cuarto de control.
- Al realizar un análisis de costes para la implementación de los cascos inteligentes, se concluye que el valor estimado de un casco con todas las funciones que presta para el trabajo es de 2950 usd por trabajador mientras la implementación de sistemas de seguridad convencionales y por lo tanto invasivos para el trabajador, resulta en un aproximado de 8368 usd por trabajador, lo que indica que el casco inteligente es una opción válida como una solución de seguridad integral para obras de este tipo.
- El casco no generó en los trabajadores una sensación de haber sido perseguido o acosado durante el tiempo de uso del equipo, de tal forma que se evitó un factor de riesgo psicosocial y además constituye una nueva alternativa interactiva y de fácil uso para los trabajadores que por condiciones de escolaridad no pueden utilizar equipos que proporcionen la misma información en su jornada de trabajo.

## 4.2 Recomendaciones

En base a las conclusiones obtenidas se puede hacer las siguientes recomendaciones:

- Se deberá señalar al personal que la sensación de confianza al utilizar un casco inteligente como el expuesto, puede resultar en un exceso de confianza ya que la

percepción de seguridad es alta y sino no se toma las medidas preventivas podría generar actos en lo que se exponga la integridad del trabajador.

- Para posteriores estudios es recomendable contar con una mayor cantidad de trabajadores para las pruebas piloto del casco inteligente, ya que nos puede dar un panorama más extenso sobre las oportunidades de mejora para su implementación.

## 5 Bibliografía

Díaz Gamez, Alejandro Rey. (27 de Junio de 2013). Proyecto de seguridad y salud en el trabajo en la construcción de túneles. Las Tunas, Cuba.

Estrucplan Consultora S.A. (27 de Mayo de 2008). *Estrucplan*. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2469>

Helmet, A. (s.f.). Obtenido de [www.angelhelmet.com](http://www.angelhelmet.com)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (19+#). NTP 283 - Encuestas: metodología para su utilización. España.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad. (2014). *NTE INEN 146 - Cascos de seguridad para uso industrial. Requisitos e inspección*. Quito.

Mayer, I. B. (2001). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. España.

Organización Internacional de Trabajo. (2001). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. España.

OSALAN. (2012). *GUIA PARA LA PRL EN LA EJECUCION DE TUNELES*. Barakaldo.

Robert F. Herrick, I. B. (2001). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo OIT*. España.

Saavedra, P. R. (2004). *Construcción de Túneles*. Chile.

Vasquez, I. E. (Septiembre de 2011). *Gestión de riesgos en proyectos de túneles*. España.

## **ANEXO 1**

## SISTEMA INTELIGENTE ANGELHELMET®

Casco de seguridad inteligente, con sensores y capacidad de comunicación  
Sistema completo patentado y registrado internacionalmente



### DESCRIPCIÓN

El Nuevo Casco de seguridad ANGELHELMET con 10 sistemas de seguridad, es un elemento de protección para la cabeza y la integridad del operario, es muy ligero y especial para ser usado en exteriores o interiores. Inyectado en pigmentos luminiscentes es un elemento visible en la oscuridad durante 10 horas, que ayuda al trabajador revisando el entorno 1000 veces por segundo y avisando de manera interactiva e inteligente de los peligros.

El casco cumple con amplio margen los requisitos de ensayo. Resulta muy cómodo gracias a su parte trasera baja. Está diseñado para ser utilizado en combinación con equipos adicionales como cámaras de alta resolución de conexión remota, equipos de radio, protectores oculares integrados, protector facial y protección dieléctrica, etc.

### APLICACIONES

- Minería
- Construcción
- Refinerías
- Industria Forestal
- Transporte
- Agroindustria

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Es un casco de gama alta, Extraordinario confort, gran resistencia y peso ligero. Atalaje textil, cinta de sudoración de piel foamizada. Excelente amortiguación del golpe.
- Fabricado plástico PCABS, estabilizado no propagador de llama, bajo en talatos y con aditivos luminiscentes
- Cuenta con un cojín de amortiguación para la frente del usuario que absorbe la humedad, acabado en piel.
- Cómodo, absorbente de impactos y con suspensión en nylon con 4 apoyos.
- Peso aproximado: 390 g.
- Ajustable a todas las tallas (se ajusta para tamaño de: 52–62 cm)
- Posee un amés cómodo y regulable por puntos.
- Las bandas de suspensión se ajustan a la cabeza de una manera cómoda y se puede ajustar su tamaño fácilmente en el amés.
- Se puede instalar una correa de protección para la barbilla (correa de barboquejo).
- Este producto cumple los requisitos de la norma CE, CESMEC y TELPRO:

#### Normativas:

- Casco de protección para la industria CE , directiva Europea EN397:2012 + A1:2012 .
- Certificación CESMEC international Federation of Inspection Agencies Ltd.Norma Chilena Oficial NCh 461.Of77 y Certificación.
- Electrónica Telpro certified laboratories SEGURIDAD Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)000-6-3 / 4, 11/14 / 22-2, 22-3 / 489-1, 000-6-1 / 2,000-4-2 ,000-4-3-2, 000-4-3-4, 000-4-8 INF-AD-1

## ANEXO 2

CASCO

**V-GARD****El más usado en el mundo****Descripción**

Los cascos modelos V-Gard, duraderos y livianos, se fabrican para ser utilizados por trabajadores de distintas industrias donde la protección contra la caída de objetos es necesaria.

**Características Técnicas**

Los cascos V-Gard de MSA consisten en una estructura de polietileno de alta Densidad inyectada en una sola pieza, rígida, liviana y resistente. Su superficie No presenta porosidad (brillante). Su peso es de 306 gramos. Disponible en tamaño M (16,5 - 20,3 cm). Con el sistema de suspensión (1-Touch o Fast-Trac) crean un sistema de protección único. Disponible en versión gorra o ala (tipo sombrero).

**Aplicaciones**

- Minería
- Químicas
- Agricultura
- Centrales de Distribución Eléctrica
- Industria Nuclear
- Celulosa y Papelera
- Arenado y Esmerilado
- Fundición e Industria Metal
- Industria Alimenticia
- Substancias Peligrosas
- Pintura y Pistola
- Construcción
- Gas y Petróleo

**Certificaciones**

Cumplen y/o exceden los requisitos aplicables para cascos:

- Tipo I (impacto superior) según lo detallado en ANSI Z89.1.2003
- NCh 461 Clase A Tipo II CESMEC

**Información de Pedido**

PN 297442 Blanco Gorra	PN 454733 Blanco Ala
PN 297441 Amarillo Gorra	PN 454730 Amarillo Ala
PN 297443 Rojo Gorra	PN 454736 Rojo Ala
PN 297445 Azul Gorra	PN 454732 Azul Ala

