



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil

Manual para la prevención de riesgos en movimientos de tierra

Autor: Freddy José Correa Paredes.

Director: Ing. Byron Morales. M Sc.

Quito, agosto 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero **Byron Morales M Sc...**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: “MANUAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA” del estudiante **Freddy José Correa Paredes**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, agosto del 2015

EL TUTOR

Ing. Byron Morales. MSc.

C.I. 1712565500

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Freddy José Correa Paredes, declaro que el trabajo de investigación denominado: MANUAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, sin restricción de ningún género o especial.

Quito, agosto del 2015

Freddy José Correa Paredes
C.I. 1713215802

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado lo dedico a mis padres, al ser un ejemplo de perseverancia, paciencia y esfuerzo, demostrando su apoyo incondicional para guiarme por el mejor de los caminos, a mis hermanos, sobrinos, amigos que en todo el tiempo han dedicado sus palabras de aliento, siendo estas, pieza fundamental en mi vida para poder culminar una etapa muy anhelada.

AGRADECIMIENTOS

Por completo a Dios, que me lleno de bendiciones al permitirme formar parte de una familia compuesta de buenas personas y amigos excepcionales.

A mis padres José Correa y Yolanda Paredes, a quienes agradezco por brindarme la oportunidad de estudiar, siendo fiel reflejo de los valores inculcados en casa.

A todos los amigos que formaron parte esencial en las aulas, a los profesores que con su experiencia supieron instruir los conocimientos y preceptos para enfrentar con éxito el día a día.

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	I
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPITULO I.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Formulación del problema.	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación.	3
1.4.1 Justificación Teórica.	3
1.4.2 Justificación Práctica.....	4
1.4.3 Justificación Relevancia Social.	5
1.5 Variables.....	5
1.5.1 Variable Independiente	5
1.5.2 Variable Dependiente.....	5
1.6 Hipótesis.	5
1.7 Enfoque.....	6
1.8 Factibilidad.....	6
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO REFERENCIAL	8
2.1 Fundamentación Teórica.....	8
2.1.1 Definición de Riesgo.	8

2.1.2	Características del riesgo.	8
2.1.3	Gestión de riesgos.	9
2.1.4	Actividades a realizar para el análisis de riesgos.	10
2.1.5	Evaluación del riesgo a partir de la incertidumbre.	16
2.1.6	Criterios de aceptación del riesgo	17
2.1.7	Principales riesgos en la construcción.	18
2.1.8	Factores que inciden en el análisis de riesgos.	20
2.1.8.1	Movimiento de tierras	20
2.1.8.2	Suelo.	26
2.1.8.3	Volumen.	38
2.1.8.4	Equipo.	43
2.1.8.5	Impacto ambiental en las obras de movimiento de tierras	55
2.1.8.6	Seguridad laboral en movimientos de tierra	56
2.1.8.7	Fundamentación legal.	57
2.2	Marco Conceptual	64
CAPÍTULO III.		66
3.	METODOLOGÍA	66
3.1	Nivel de estudio	66
3.2	Modalidad de análisis	66
3.3	Identificación de la población	66
3.4	Población y muestra.	66
3.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.	67
3.6	Procesamiento de datos	68
3.7	Análisis para Gestión de Riesgos.	69
CAPÍTULO IV.		71
4.	RECOPILACION E INTERPRETACION DE RESULTADOS	71
CAPÍTULO V.		93
5.	MANUAL PARA LA PREVENCION RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA.	93
1.	INTRODUCCIÓN	93
2.	OBJETIVO DEL MANUAL	94
3.	ESQUEMA ORGANIZACIONAL PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA	94
4.	ANÁLISIS DE RIESGOS PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS.	95
5.	COSTOS.	103

6. LISTA DE EVALUACION GENERAL PARA RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA.....	108
7. PREVENCIÓN DE RIESGOS.....	109
CAPITULO VI.....	116
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
6.1 Conclusiones.....	116
6.2 Recomendaciones.....	118
BIBLIOGRAFIA.....	119
BIBLIOGRAFÍA EN LIBROS	119
BIBLIOGRAFÍA EN SITOS WEB	121
ANEXOS.....	122
ANEXO A	123
EVALUACION DE EQUIPOS.....	123
ANEXO B	130
TABLAS DE RENDIMIENTO MANUAL	130
TABLAS DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS.....	131
ANEXO C	135
PROPIEDADES FÍSICAS COMUNES DE SUELOS.....	135
ANEXO D	145
TABLA PARA DETERMINACION DE NIVEL DE CONFIANZA.....	145
ANEXO E	146
NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	146

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1 Severidad y frecuencia de eventos.	14
Cuadro No. 2 Matriz de riesgos Frecuencia (probabilidad de ocurrencia) y Consecuencia.	18
Cuadro No. 3 Factores de riesgo relacionados con el personal.	18
Cuadro No. 4 Actividades que se realizan en movimientos de tierra.	22
Cuadro No. 5 Tipos de excavaciones.	22
Cuadro No. 6 Operaciones en movimientos de tierra.	24
Cuadro No. 7 Aspectos a considerar en movimientos de tierra.	26
Cuadro No. 8 Características físicas y geotécnicas del suelo.	28
Cuadro No. 9 Características físicas y geotécnicas de las rocas.	28
Cuadro No. 10 Características físicas de los suelos.	29
Cuadro No. 11 Componentes del suelo.	29
Cuadro No. 12 Componentes finos del suelo.	30
Cuadro No. 13 Equipos más usados.	45
Cuadro No. 14 Factores que afectan a la producción.	50
Cuadro No. 15 Lista para actividades a realizarse.	96
Cuadro No. 16 Lista para riesgos en trabajadores.	97
Cuadro No. 17 Lista para componentes del suelo.	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Descripción en función de la frecuencia.	14
Tabla No. 2 Evaluación de impactos producidos al trabajador.	14
Tabla No. 3 Tamaño de los componentes del suelo.	31
Tabla No. 4 Propiedades físicas de partículas del suelo.	32
Tabla No. 5 Propiedades mecánicas del suelo SUCS.	33
Tabla No. 6 Propiedades mecánicas del suelo AASHTO.	35
Tabla No. 7 Descripción de suelo granular.	36
Tabla No. 8 Valores típicos del suelo en estado natural.	36
Tabla No. 9 Densidades, Sw, Fw frecuentes del movimiento de tierras.	41
Tabla No. 10 Volumen.	42
Tabla No. 11 Formula de la producción.	49
Tabla No. 12 Eficiencia horaria.	51
Tabla No. 13 Pérdidas de tiempo.	51
Tabla No. 14 Costos de operación.	53
Tabla No. 15 Frecuencia de actividades.	71
Tabla No. 16 Operaciones en movimientos de tierra.	73
Tabla No. 17 Costo tomando en cuenta consideraciones de documentación del movimiento de tierra.	74
Tabla No. 18 Identificación del material in situ.	76
Tabla No. 19 Determinación Costo.	78
Tabla No. 20 Uso de equipos.	79
Tabla No. 21 Actividades que exponen riesgo.	81
Tabla No. 22 Accidentes.	83
Tabla No. 23 Medidas de prevención.	86
Tabla No. 24 Accidentes que exponen a riesgos.	89
Tabla No. 25 Conocimiento de riesgos.	90
Tabla No. 26 Manual de riesgos para movimiento de tierras.	91
Tabla No. 27 Lista para volumen.	101
Tabla No. 28 Costo por m ³	104
Tabla No. 29 Costo de transporte	105
Tabla No. 30 Costo de transporte	106

Tabla No. 31 Costo real de transporte	107
Tabla No. 32 Modelo de control de riesgos.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Esquema de riesgos generales.	10
Figura No. 2 Esquema del proceso de toma de decisiones.	16
Figura No. 3 Excavación a cielo abierto.	20
Figura No. 4 Estructura del suelo.	27
Figura No. 5 Comportamiento del suelo (Limite de Atterberg).	37
Figura No. 6 Grado de humedad.	38
Figura No. 7 Proceso para cambio de volumen.	39
Figura No. 8 Cambios de volumen en movimientos de tierra.	39
Figura No. 9 Gráfico frecuencia de actividades.	72
Figura No. 10 Gráfico total frecuencia de actividades.	72
Figura No. 11 Gráfico de operaciones en movimientos de tierra.	73
Figura No. 12 Gráfico total de operaciones en movimientos de tierra.	74
Figura No. 13 Gráfico costo considerando documentación existente.	75
Figura No. 14 Gráfico total costo considerando documentación existente.	75
Figura No. 15 Gráfico identificación de material in situ.	77
Figura No. 16 Gráfico total material in situ.	77
Figura No. 17 Gráfico determinación Costo.	78
Figura No. 18 Gráfico total determinación Costo.	79
Figura No. 19 Gráfico uso de equipos.	80
Figura No. 20 Gráfico total uso de equipos.	80
Figura No. 21 Gráfico actividades que exponen riesgos.	82
Figura No. 22 Gráfico total actividades que exponen riesgos.	82
Figura No. 23 Gráfico total accidentes.	84
Figura No. 24 Grafico total accidentes.	85
Figura No. 25 Gráfico total medidas de prevención.	87
Figura No. 26 Accidentes que exponen a riesgos.	88
Figura No. 27 Gráfico salud del trabajador.	89
Figura No. 28 Gráfico total salud del trabajador.	89
Figura No. 29 Gráfico conocimiento de riesgos.	90
Figura No. 30 Gráfico total conocimiento de riesgos.	91
Figura No. 31 Aceptación del manual de riesgos para movimiento de tierras.	92

Figura No. 32 Total aceptación del manual de riesgos para movimiento de tierras.	92
Figura No. 33 Esquema organizacional.	94

RESUMEN

Las actividades que se realizan en movimientos de tierra, son realizadas a lo largo de la ejecución del proyecto, en donde, la incertidumbre es un factor que se encuentra presente en las personas (Trabajadores, operadores, profesionales), que ejecutan actividades con el uso de mini cargadoras, cargadoras, excavadoras, retroexcavadoras, volquetas o equipos que se requieren en el entorno del proyecto.

La demanda de actividades relacionadas con el uso de maquinaria, ha desarrollado un incremento en el sector comercial y por consecuencia los riesgos cuando se realizan movimientos de tierra, razón por la cual, este manual no permitirá evaluar de forma rápida, los riesgos económicos y laborales que pueden presentarse en un proyecto, ya sea para empresas constructoras, profesionales, propietarios de equipos, operadores, choferes y trabajadores en general.

La obtención de una base teórica con la formulación de propuestas diseñadas con las medidas de prevención, buscan conservar el bienestar de las personas y del proyecto, para que este pueda ser implementado en la sociedad.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente manual de prevención de riesgos en movimientos de tierra, pretende que empresas constructoras y personas que rentan equipos en general reduzcan los riesgos que se presentan cuando se realicen movimientos de tierra, basados en estudios de Ingeniería Civil de una forma rápida y confiable.

Con el cual se dispone de información necesaria para establecer criterios de riesgo económicos y laborales, con el uso de listas de control que contienen parámetros para la identificación de actividades con respecto al tipo de suelos, volúmenes considerando sus porcentajes de esponjamiento y compactación, uso de equipos que son adecuados para determinar los riesgos económicos y laborales para realizar movimientos de tierra. El presente diseño de tesis consta con los siguientes capítulos:

CAPITULO I: EL PROBLEMA: Este contiene planteamiento, formulación, objetivos, justificación, hipótesis, enfoque.

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL: Se ha desarrollado con la fundamentación teórica y legal.

CAPITULO III: METODOLOGIA: En este capítulo se determina el nivel, modalidad de análisis, población y muestra para el procesamiento de datos.

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS: Análisis e interpretación de las muestras.

CAPITULO V: MANUAL PARA LA PREVENCION RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA: Fuentes de donde se obtuvo la información.

ANEXOS: Tablas referente a equipos, suelos, bibliografía adicional.

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.

Los trabajos de construcción generalmente son conocidos como la realización de una obra, siendo esta pública o privada, desarrollándose una serie de actividades que se presentan inicialmente y que se mantienen durante la ejecución del proyecto, como son los denominados movimientos de tierra. Sin embargo no todos los movimientos de tierra son iguales, pueden considerarse como similares por sus características en cuanto al método que se usa para ejecutarlos, sean estos como movimientos manuales o movimientos con maquinaria.

En el Ecuador, las personas que realizan movimientos de tierra se encuentran expuestas a diferentes riesgos y en muchas ocasiones a accidentes laborales, que constituyen peligros tanto para la salud como para la parte económica. La demanda de este tipo de actividades, ha desarrollado un incremento de equipos en el sector comercial y por consecuencia se han incrementado los riesgos cuando se realizan movimientos de tierra, ya que no está a disposición un Manual para la Prevención de Riesgos en movimientos de tierra, donde se nos indique de la manera más adecuada el manejo de los riesgos que se presentan al momento de realizar movimientos de tierra.

Muchas veces se da poca importancia al manejo de los riesgos por parte de los responsables siendo necesario analizarlos y cuantificarlos, con el fin de poder delinear acciones para evitar los riesgos existentes. Para determinar el riesgo cuando realizamos movimientos de tierra, es necesario tomar en cuenta que el factor humano precede con la toma de decisiones que se presentan en el entorno del proyecto, ya que estos fueron generados por la incertidumbre antes de ejecutar los movimientos.

Los riesgos en movimientos de tierra, se pueden determinar en las fases de diseño, presupuesto, licitación o en la fase de construcción. Siendo necesario realizar una inspección del sitio para ejecutar una política de riesgos acorde a la información que permitirá al evaluador mejorar la toma de decisiones, costos reales del proyecto y construcción, donde se refleje la aplicación de los modelos de gestión, ya que la participación del personal en todas las fases es de vital importancia.

1.2 Formulación del problema.

En la industria de la construcción este tipo de actividades son muy frecuentes y la cantidad de riesgos se presentan al no mitigarlos, con el uso de un manual para la prevención de riesgos cuando se realizan movimientos de tierra, que nos permita evaluar de forma rápida, los riesgos económicos y laborales que pueden presentarse en un proyecto. En diferentes construcciones del Ecuador, se vienen realizando trabajos de movimientos de tierra que perjudican directamente a los costos de un proyecto, al contratista y al personal que se requiere para estas actividades.

Al no existir una normativa que proporcione el análisis financiero, uso adecuado de equipos o mano de obra calificada para realizar este tipo de actividades, es necesario realizar un manual para gestión de riesgos en movimientos de tierra, con el fin de dar a conocer a profesionales y personas que ejercen libremente este tipo de actividades. El presente manual, debería ser tomado en cuenta dentro de los proyectos de ingeniería civil, siendo este, mucho más económico al momento de introducir y aplicar en una obra, que cuando los riesgos ya han afectado directamente a los costos del proyecto, accidentes laborales y con el capital invertido en equipos.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Desarrollar un manual preventivo de riesgos, generados durante la construcción cuando se realiza movimientos de tierra, con el uso de diversas herramientas que permitan determinar los riesgos económicos, técnicos y laborales. Utilizando normativas nacionales e internacionales.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Identificar y medir riesgos para formular acciones cuando se realicen movimientos de tierra.
- Estudiar a través de métodos, técnicas, fuentes e instrumentos de recopilación de información, que permita recopilar información sobre equipos disponibles y el área de trabajo en el cual se va a realizar los movimientos de tierra.
- Desarrollar un marco teórico-referencial basado en los modelos de gestión de riesgos y aplicar al movimiento de tierras, por medio del uso de la información que existe del proyecto, con el fin de recopilar diversas teorías sobre los modelos para la prevención de riesgos de trabajo en la construcción.
- Determinar los riesgos en las etapas de construcción relativos a movimientos de tierra, dando importancia principal al personal como: ingenieros, operadores, choferes encargados del transporte, constructores, etc.
- Dotar un documento preventivo de riesgos en movimientos de tierra y así reducir la probabilidad de ocurrencia, mejorando la seguridad y salud del personal.

1.4 Justificación.

1.4.1 Justificación Teórica.

En el presente estudio se recopilan diversas teorías, modelos, conceptos relacionados sobre la prevención del riesgo en el sector de la construcción, leyes y reglamentos a nivel nacional e internacional, para obtener una base teórica con

la formulación de propuestas diseñadas con las medidas de prevención, que busquen conservar el bienestar del proyecto, para que esta pueda ser implementado según sean los requerimientos.

1.4.2 Justificación Práctica.

En el Ecuador, los diferentes decretos, leyes y ordenanzas permiten a toda persona sea esta natural o jurídica, nacional o extranjera desarrollar actividades basándose en reglamentos de seguridad económico e industrial, para garantizar el bienestar tanto de los propietarios como de los trabajadores. Siendo indispensable la elaboración de un Manual para la Prevención de Riesgos que minimice pérdidas económicas que afecten al giro del negocio y al personal que labora en las diferentes actividades relacionadas al movimiento de tierras. (Constitución Política del Ecuador, 2008).

Excavaciones, transporte de materiales, renta de equipos son algunas de las actividades que están dentro de los movimientos de tierra. Estas actividades, la vienen realizando personas que en muchos de los casos tienen instrucción primaria, que por medio de su trabajo adquirieron equipos para realizar este tipo de actividades como un servicio a empresas constructoras o profesionales que requieren de este tipo de actividades, para iniciar con los proyectos. Razón por la cual, la importancia de realizar un Manual para Prevención de Riesgos que permita involucrar los procesos de ejecución para realizar movimientos de tierra, mejorando la toma de decisiones al momento de ejecutar movimientos de tierra.

Las entidades sean estas naturales o jurídicas, que no implementen medidas de prevención asumirán el 100% de la prestación de servicios que se determine por el incumplimiento del manejo de riesgos laborales, más el 10 % de recarga por faltar a la normativa. A nivel del Ecuador, el 65% de las empresas no cumple con esta normativa (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2009).

Razón por la cual, el desarrollo del presente estudio, genera en el responsable del proyecto la oportunidad para vincular la teoría con la práctica; ya que se podrá aplicar el conocimiento adquirido en el periodo de estudio y además

se podrán obtener una serie de habilidades que mejorarán el aspecto económico y profesional.

1.4.3 Justificación Relevancia Social.

El desarrollo del presente proyecto es justificable ya que la Universidad Internacional del Ecuador, dentro de sus estatutos internos busca poder vincularse con la sociedad a través del desarrollo de proyectos que procuren dar solución a problemas, por lo tanto institucionalmente el diseño de un manual con el uso de las diversas herramientas para gestión de riesgos permitirá contribuir con la prevención, disminución del porcentaje de riesgos que se generan en el área de movimientos de tierras, al momento de realizar la gestión del proyecto.

1.5 Variables.

1.5.1 Variable Independiente

Falta de información en las personas que realizan actividades de movimientos de tierra.

1.5.2 Variable Dependiente

Pérdidas económicas y laborales, al momento de realizar movimientos de tierra.

1.6 Hipótesis.

El levantamiento como propuesta de un manual de prevención de riesgos con enfoque al área de la construcción principalmente al movimiento de tierras, permitirá mitigar los riesgos generados por la actividad, reduciendo la incertidumbre en el aspecto humano. Basado en modelos como checklist, árboles de fallos y eventos, modelos probabilísticos de la gestión de riesgos que permitirán mantener la integridad física y mental de las personas que realizan actividades en movimientos de tierra.

1.7 Enfoque.

La incertidumbre es un factor que afecta directamente a la gestión de riesgos y por consecuencia aumenta el costo del proyecto, produciendo pérdidas laborales y económicas en los contratistas que realizan movimiento de tierras, por tal motivo:

La constitución de la República del Ecuador (2008), el Art. 320, señala que las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimularan en una gestión participativa y eficiente. En cualquiera de sus formas, se sujetará a principio, normas, productividad, valoración, seguridad, eficiencia económica y social.

En los Arts. 325 y 326, se reconocen todas las modalidades del trabajo a desarrollarse en un ambiente adecuado y propicio, integrado por el empleador. Tomando en cuenta normas internacionales como el OIT, reglamentos de seguridad y salud para el personal con un adecuado control adecuado de equipos.

El código de trabajo en sus Arts. 3, 38, 347, 348, establece que toda persona puede ejercer libremente su esfuerzo a una labor lícita y que tanto los riesgos como la prevención en las labores son responsabilidad del empleador,

1.8 Factibilidad.

Meneu (1997), indica que la factibilidad del análisis de riesgos, es un proceso dinámico que determina la evaluación de la investigación, implementando un adecuado análisis de gestión, para:

- Facilitar la elaboración de presupuestos.
- Ajustar las planificaciones y cronogramas de trabajo.
- Mejorar la selección para compras y aprovisionamientos.
- Distinguir la mala de la buena gestión.

- Desarrollar habilidades para evaluar los riesgos.
- Costes reales.
- Fortalecer el conocimiento para proyectos futuros.
- Selección de alternativas más óptimas.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Fundamentación Teórica.

2.1.1 Definición de Riesgo.

Pérez (2005), define al riesgo como “La idea de posibilidad de pérdida”. Se puede hablar de posibilidades de pérdida y ganancia, pero siempre refiriéndose con pleno sentido al riesgo de pérdida. El riesgo está relacionado directamente con la incertidumbre de tener que enfrentarse a una situación Incierta. La naturaleza de la pérdida física o monetaria es indiferente, pero tiene que darse su Posibilidad, sin ninguna seguridad de que va a Producirse, puesto que allí es donde la pérdida es segura o no hay riesgo de pérdida, sino certeza.

Mientras que Cortes (2007), expresa que “El riesgo está ligado a la incertidumbre que rodea en general a cualquier hecho económico, en el sentido de contingencias que pueden ocasionar pérdidas”. Y plantea que “el riesgo es un evento fortuito e incierto resultante de las acciones humanas, o por la acción de una causa externa, que puede intervenir en el alcance de las metas trazadas, causando daños directos o indirectos al patrimonio”.

Para Damani (2004), el riesgo “surge cuando en un proyecto confluye por un lado la incertidumbre de los resultados y por otro, el carácter no deseable de algunos de esos resultados”.

2.1.2 Características del riesgo.

Vázquez (2012), indica que el riesgo se desarrolla desde el sentido común, es por esto que en la práctica real los proyectos se ven involucrados con distintas actitudes frente a los diferentes riesgos, las principales características del riesgo son:

- Existencia de un objeto que se encuentra expuesto a sufrir daño o pérdida por los movimientos que se realizaran en la propiedad.
- Causales de riesgo presentes que generan daños o perdidas en los equipos, siendo estos de origen humano o natural como terremotos, robos, accidentes de tránsito, incendios o cambios sociales limitándose la capacidad de generar ingresos de una persona.
- Perjuicio o pérdida como resultado de la ocurrencia medida en términos económicos los cuales pueden ser costos que afecten al utilizar rescate, traslado y hospitalización de personal accidentado en el proyecto.

Después de analizar este tipo de características podemos indicar que las dos primeras son reales pero la tercera es de tipo potencial, el cual puede convertirse en real, en vista de que esta no es necesaria para que exista el riesgo.

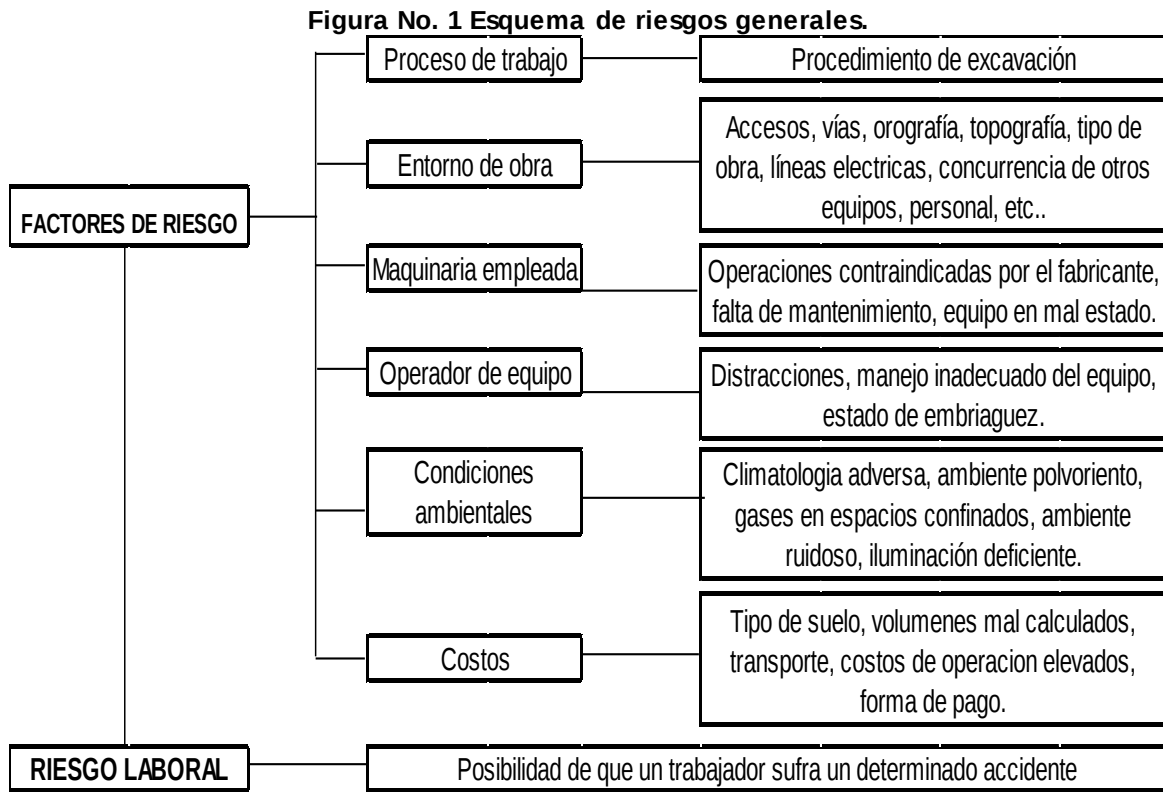
2.1.3 Gestión de riesgos.

Los proyectos de ingeniería civil suelen ser una fuente de incertidumbres. El desconocimiento, la falta de información, estudios ineficientes y personal no calificado hacen que los riesgos en los proyectos sean muy comunes, alterando los costos para la ejecución del proyecto (Vázquez, 2012).

El autor Ringen (2005), expresa que los trabajadores de la construcción se encuentran expuestos en su trabajo a una gran variedad de riesgos para la salud. La exposición varía de oficio en oficio, de obra a obra, cada día, incluso cada hora. La exposición a cualquier riesgo suele ser intermitente y de corta duración, pero es probable que se repita. La política de gestión de riesgos establece una metodología o procedimiento que debe incluir:

- A cada una de las partes definir la responsabilidad de gestión frente a los riesgos
- Describir las actividades para las diferentes fases del proyecto
- Procedimientos de monitoreo y control
- Elaborar la política de riesgos antes mencionada.

Para efectos del Manual de prevención de riesgos en movimientos de tierra, se utilizara los factores de riesgo del sector de la construcción que se detallan en la figura No.1



Con base a este esquema, se presenta el Manual para la prevención de riesgos en movimientos de tierra, el diagrama a usarse como política de riesgos realizamos actividades necesarias en movimiento de tierras.

2.1.4 Actividades a realizar para el análisis de riesgos.

a. Identificación como medida de la incertidumbre.

Karl Terzaghi, expreso que para identificar los riesgos de forma general se usa un método observacional que en ingeniería son aquellos trabajos como cimentaciones profundas, túneles, contenciones o presas de materiales sueltos presentan una gran cantidad de esfuerzo y trabajo, tratando de aproximar los valores de las constantes físicas que aparecen en la ecuaciones. Muchas variables, como la continuidad de los estratos importantes o las condiciones de la

presión del agua contenida en el terreno permanecen desconocidas. Por tanto, los resultados obtenidos de las computaciones no son más que hipótesis de trabajo que deberán ser objeto de confirmación o modificación durante la construcción (Vázquez, 2012).

Casagrande desarrollo la idea de riesgo de Terzaghi, bajo el concepto de “Riesgo Calculado” (1964) y el “Método Observacional” de Peck (1968). Para la práctica en mecánica de suelos el método observacional es el más aplicado en movimientos de tierra, sin embargo; Una característica importante es que cada observación debería aportar realmente una mejora, realizándolo de la siguiente manera:

- Definir el tipo de movimiento y la ubicación del mismo.
- Identificar el tipo de suelo donde se pretende realizar el proyecto.
- Medir el lugar (Levantamiento topográfico).
- Identificar los riesgos que produzcan pérdidas y accidentes causados por cualquier factor.
- Identificar si el costo es factible para ejecutar el proyecto.

Identificando los riesgos en base a:

- Normas o documentación relacionadas con el movimiento de tierras
- Documentación del contratista que garantice su experiencia
- Revisión de los tipos de peligros relacionados con los tipos de trabajos
- Revisión con el personal especializado para llevar a cabo el proyecto

Además, determinar los riesgos en generales cuando a estos se los puede considerar a lo largo de todo el proyecto, siendo estos:

- Problemas contractuales
- Problemas institucionales
- Intromisión de autoridades y terceras partes
- Problemas con la mano de obra calificada y no calificada

Y específicos a los riesgos que se los toma en cuenta para todas las fases del proyecto, como son:

- Accidentes
- Condiciones adversas desconocidas (Clima)
- Especificaciones de ejecución inadecuadas
- Equipos inadecuados o en malas condiciones
- Ejecución deficiente (Vázquez, 2012).

b. Probabilidad como medida de la incertidumbre.

Lizarazo (2008), indica que en los movimientos de tierras el juicio del equipo de trabajo se basa en la experiencia obtenida, para medir la ocurrencia de un evento es necesario determinar la frecuencia del mismo. Este análisis permite que la incertidumbre generada por el proyecto pueda ser medida con la utilización de la probabilidad. Tomando en cuenta que, la probabilidad frecuentista asume que un suceso es resultado de una frecuencia en el sistema cuando este es observado, esta frecuencia se determina como el valor de la probabilidad del suceso. Mientras que, la probabilidad subjetiva en cambio estima la incertidumbre cuando no se tiene suficientes evidencias, es por esto que el juicio de la persona determinara en este caso determinara la probabilidad en experimentos irrepetibles y podemos realizar este análisis a partir de preguntarnos:

¿Cuáles son las causas que pueden producir accidentes en el proyecto?

¿Cuál es la probabilidad del suceso?

¿Cuáles podrían ser las consecuencias al no mitigar los riesgos?

¿El costo que propongo es el adecuado?

Vázquez (2012), indica que a la frecuencia se la puede establecer como el porcentaje de personas o la probabilidad, que han desarrollado por medio de la incertidumbre, riesgos al estar expuestos a una actividad característica. En este tipo de análisis, la experiencia ocupa un papel fundamental que se presenta en el

conocimiento de los ingenieros civiles al momento de determinar por medio de su juicio el campo probabilístico en gestión de riesgos.

Galabru (2002), explica que para satisfacer las necesidades de los encargados en realizar la construcción o al momento de presentar las ofertas económicas es importante hacerlos partícipes de inicio a fin de todo proyecto con todas las personas que estén interviniendo, ya que son aspectos necesarios para evaluar la toma de decisiones en los campos económicos y constructivos. La decisión que se tome puede llevar a la actualización de los parámetros como por ejemplo la recolección de nuevos datos sea este en cuanto al personal o al tipo de suelo al cual estemos por intervenir. Otro aspecto importante es el de tomar en cuenta la actualización de la información ya que nos permite:

- Actualizar y mejorar los modelos de gestión de riesgos para obtener resultados más óptimos.
- Modificar un evento y una consecuencia que ya fueron determinados anteriormente, por la presencia de cambios de estratos.
- Obtener nuevos datos de campo obtenidos por los diferentes ensayos como SUCS, SPT, etc.
- Mejorar los rendimientos en los equipos y personal con la reducción de la incertidumbre.
- Reducir los problemas surgidos en los movimientos de tierras que producen sobrecostos o retrasos de obra.

Además, nos indica que cuando aumenta la información, la incertidumbre producida por el desconocimiento o incertidumbre epistémica tiende a reducirse, mientras que la incertidumbre aleatoria o la que es conociendo la medida de incertidumbre.

c. Clasificación de los riesgos según la probabilidad de ocurrencia.

Vázquez (2012), categoriza a los riesgos en intervalos de cinco niveles, así podemos expresar:

Tabla No. 1 Descripción en función de la frecuencia.

Categoría de frecuencia	Descripción de la categoría
5	Muy probable
4	Probable
3	Ocasional
2	Improbable
1	Muy improbable

Fuente: Vázquez (2002).

Damani (1995), indica que cuando los accidentes que se pueden presenciar, podemos clasificarlos según su severidad al personal que se encuentra realizando movimientos de tierra como operadores, ayudantes o personal que trabaja cerca a equipos. Esta severidad puede clasificarse tal como se señala en la tabla No.2 y cuadro No. 1

Tabla No. 2 Evaluación de impactos producidos al trabajador.

Clasificación	Descripción	Impacto	Comentarios
20-30	Alta a mayor	Impacto mayor en el trabajador; puede llevar a su muerte o complicaciones a largo plazo	Se requiere acción urgente
10-19	Moderada	Impacto moderado; puede ocasionar consecuencias de corto plazo para el paciente	Se requiere acción
1-9	Riesgo bajo o menor	Impacto menor; sin consecuencias o con consecuencias menores	Mantener bajo evaluación

Fuente: Damani, (1995).

Cuadro No. 1 Severidad y frecuencia de eventos.

Severidad	Baja Frecuencia	Alta Frecuencia
Alta Severidad	Infecciones biológicas y explosiones, derrumbes, inundaciones.	Aplicación del trabajo, herramientas de alta peligrosidad, cortadoras, incendios, soldadoras, asfixia
Baja Severidad	Accidentes de tratamiento del ambiente laboral	Transporte, uso de herramientas de no dentadas, punciones, magulladuras leves.

Fuente: Damani, (1995).

Cuando se realiza movimientos de tierra es importante tomar en cuenta que esta actividad presenta diferentes variables como transporte de equipos, transporte de materiales, combustibles, mantenimiento, alimentación, hospedaje. Variables que presentan riesgos y necesitan especial atención, cuando el movimiento de tierras está en etapas de contratación para que el costo no afecte al proyecto ni al personal (Peters, 2010).

d. Seguimiento de riesgos causados por la incertidumbre.

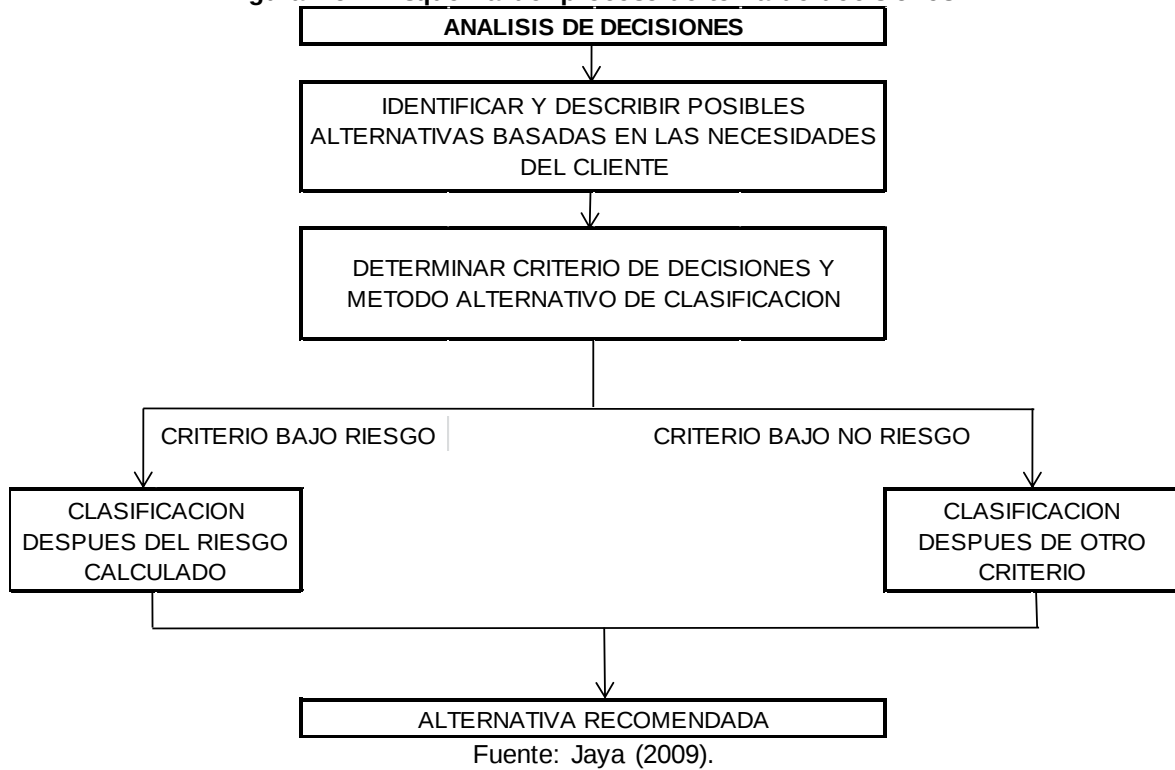
El autor Vázquez (2012), explica que en los diferentes tipos de construcciones se puede encontrar incertidumbres como:

- Variación en las propiedades del suelo
- Investigación ineficaz del suelo
- Errores en los ensayos de laboratorio y en la toma de muestras
- Estimación subjetiva
- Toma de medidas ineficaces
- No se considera el esponjamiento del volumen en banco
- El clima afecta al movimiento de tierras tanto en verano como en invierno
- Cargas estáticas y dinámicas presentes
- Fenómenos físicos variables (nivel freático, erosión, sismos, etc.).
- Falla humana (Personas que realizan este tipo de actividades)
- Métodos empíricos para la ejecución de movimiento de tierras
- Logística deplorable para realizar corte, carga, transporte y descarga
- Aumento de costos
- Aumento de riesgos laborales

e. Sistemas organizativos de control de riesgos.

Jaya (2009), indica que se puede realizar sistemas de control usando esquemas como: árbol de eventos, árbol de fallas, análisis checklist, que serán determinantes para la toma de decisiones, como se indica en la figura No.2

Figura No. 2 Esquema del proceso de toma de decisiones.



2.1.5 Evaluación del riesgo a partir de la incertidumbre.

Vázquez (2012), evalúa cualitativamente en la etapa inicial o de diseño identificando los riesgos potenciales, estas medidas pueden verse reflejadas en los pliegos del concurso ya que resultaran en soluciones técnicas o alternativas basadas en la experiencia. La evaluación debe incluir:

- Detección de peligros
- Clasificación de los peligros detectados
- Identificación de las medidas correctoras para los peligros detectados
- Realizar un informe de los riesgos del proyecto indicando el tipo y las medidas correctoras para las mismas.

Además, indica que una manera para determinar los riesgos son las sesiones de brainstorming, con equipos de trabajo cuyos integrantes son expertos técnicos y gente con la experiencia adecuada. Por la cual se consideran las posibles causas que determinen eventos o acciones demasiado peligrosas para los fines del proyecto como son:

- Complejidad en el manejo de equipos a aplicar
- Condiciones variables del suelo, agua subterránea, nivel freático, etc.
- Personal inexperto
- Errores humanos
- Falta de comunicación entre los ejecutores del proyecto

Pérez (2005), indica que el riesgo que representan los peligros que son identificados se clasifican en un marco junto a sus medidas correctoras para determinar sistemas que generalicen las probabilidades de consecuencia y ocurrencia. Los diferentes criterios hacen que los niveles de riesgo lleguen a variar de una manera drástica y es necesario recabar la información para mitigar los riesgos y colocarlos en el registro de riesgo del proyecto.

2.1.6 Criterios de aceptación del riesgo

El autor Vázquez (2012), explica que la política de riesgos es una herramienta la cual nos ayudara con el criterio de aceptación del riesgo para su eventual evaluación y debe incluir:

- Elementos para una evaluación cualitativa basado en el diagrama de fallos (Causas de los peligros) y en el diagrama de eventos (Analicen las consecuencias).
- Elementos para una evaluación cuantitativa de riesgos, es necesaria evaluar cada riesgo expresados en niveles de aceptable, inaceptable, consideraciones de reducción de riesgos en función de las circunstancias.

Para nuestro estudio determinaremos por medio de la evaluación cualitativa la peligrosidad que involucra la probabilidad de ocurrencia, como se presenta en la matriz de riesgos en el cuadro No.2

Cuadro No. 2 Matriz de riesgos Frecuencia (probabilidad de ocurrencia) y Consecuencia.

Frecuencia	Consecuencia				
	Desastroso	Severo	Serio	Considerable	Pequeño
Muy probable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Evitable	Evitable
Probable	Inaceptable	Inaceptable	Evitable	Evitable	Aceptable
Ocasional	Inaceptable	Evitable	Evitable	Aceptable	Aceptable
Muy improbable	Evitable	Aceptable	Aceptable	Insignificante	Insignificante

Fuente: Lizarazo, C. (2008).

La política de riesgos permite la calificación de los riesgos y con la matriz de riesgos se determinan la aceptabilidad de los mismos que se nos presenta a lo largo de todo el proyecto de la siguiente manera:

- Inaceptable: El riesgo debe ser reducido a evitable como prioridad
- Evitable: Cuando al implementar las medidas correctoras el costo no es exagerado
- Aceptable: Los peligros estarán presentes a lo largo del proyecto y no es necesario las medidas correctoras en el proyecto.
- Insignificante: No es necesario a lo largo del proyecto.

2.1.7 Principales riesgos en la construcción.

En los siguientes cuadros se presentan los diferentes riesgos que pueden producir pérdidas laborales y económicas cuando se realizan movimientos de tierra.

Cuadro No. 3 Factores de riesgo relacionados con el personal.

Factor de riesgo	Causas generadoras del riesgo
1) Atropellos 2) Aplastamientos por máquinas	Interferencia de personal en el radio de acción de maquinaria de movimiento de tierras (retroexcavadora, palas cargadoras, compactadoras y camiones de carga).
Vuelco de máquinas	• Colapso de terrenos por circulación o trabajos en bordes de excavación, y caída de vehículos / máquinas al interior de la misma. • Descuido o falta de atención del conductor de la máquina. • Falta de iluminación en la zona de trabajo o acceso a excavación.
Caídas a distinto nivel	Operadores de máquinas y vehículos de carga: Subida y bajada a cabinas o cajas de camiones.

Golpes, atrapamientos, caída de objetos / materiales y proyecciones	• Caída de materiales por trabajo de personal en la misma vertical de las máquinas. • Manipulación de herramientas. • Trabajos de topografía. • Torceduras, fracturas y esguinces • Lumbalgias y Tendinitis • Fatiga, Insolación o Hipotermia
Exposición a condiciones de humedad.	Presencia de agua en determinadas ocasiones.
Contactos eléctricos directos e indirectos	• Trabajos en cercanías de líneas eléctricas aéreas. • Trabajos de excavación sobre líneas eléctricas enterradas. • Trabajos con equipos eléctricos mal aislados o defectuosos. • Manipulación de líneas eléctricas para su desvío o corte.
Inhalación de polvo: Trabajadores. Operadores de máquinas. Conductores de camiones.	• Circulación continua de máquinas o vehículos. • Los propios trabajos de excavación. • Operadores de maquinaria y conductores: • Falta de estanqueidad de las cabinas de las máquinas.
Inhalación de humos, gases, vapores o sustancias tóxicas	• Rotura de tuberías de gas. • Existencia de filtraciones de sustancias tóxicas en el subsuelo, liberadas con la excavación. • Utilización de equipos con motores de combustión en el interior de las zanjas.
Ruido	Las propias máquinas de extracción y los vehículos de carga.
Vibraciones	• El manejo en cabina, de las propias máquinas de extracción y de los vehículos de carga. • La circulación por vías en mal estado.
Estrés térmico por frío o calor	Realización de trabajos en intemperie, durante épocas con temperaturas (altas o bajas) extremas.
Radiación ultravioleta	Exposición a la radiación solar en épocas estivales, por trabajos en intemperie.
Contactos con materiales cáusticos, corrosivos o tóxicos.	Contacto con los materiales contaminados de la propia excavación.
Exposición a microorganismos y parásitos.	Contacto con aguas residuales o estancadas, procedentes de filtraciones o sedimentación.
Posturas forzadas.	Diseños inadecuados de la cabina o de la ubicación de los mandos y controles.
Retrasos en obra	• Equipo en mal estado. • Personal sin experiencia. • Falta de información del proyecto. • Escombreras o zonas de descarga en mal estado. • Clima. • Daño a terceros. • Mantenimiento ineficaz (Preventivo y Correctivo)

Fuente: instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España, (1985).

2.1.8 Factores que inciden en el análisis de riesgos.

Para determinar el Manual para la prevención de riesgos en movimientos de tierra, es necesario determinar los factores que van a determinar los riesgos que se generan esta actividad en general.

2.1.8.1 Movimiento de tierras

Navarro (2010), expresa que “Los movimientos de tierra son actividades constructivas muy frecuentes en la ejecución de vías, caminos, viviendas, edificios necesarios para el desarrollo urbano, social e industrial de un país. Estas actividades compete a profesionales de la construcción y en especial a Ingenieros Civiles”.

Además, indica que “Los movimientos de tierra son aquellas acciones que realiza el hombre para variar o modificar la topografía de un espacio, con vista a adaptarla al proyecto previamente confeccionado, generalmente de forma mecanizada, mediante el empleo de las maquinarias diseñadas especialmente con esta finalidad”.

Figura No. 3 Excavación a cielo abierto.



Fuente: Freddy José Correa Paredes (2014).

Nichols (1966), indica que es el conjunto de operaciones que se realizan en los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria.

Galabru (2002), hace referencia que el producto de la excavación en un banco de suelo que se encuentra en estado natural es un material suelto, y las principales operaciones que se realizan son:

- Excavación y/o demolición.- Aflojar el material que va a ser tratado o procesado a través del uso de excavadoras, retroexcavadoras, cargadoras, mini cargadoras, o voladuras y otros procedimientos.
- Carga, acarreo y descarga.- Transportación del material a su destino final (Transporte).
- Tendido, hidratación y compactación.- Planeación del acabado final en el manejo del material según sean las especificaciones del proyecto.

Además, indica que las excavaciones se pueden realizar de forma manual o mecánica, dependerá de la planificación previo al inicio de las actividades con el fin de entablar acciones de replanteo, adecuación de ingresos y otros requerimientos. La información o documentación del proyecto para que el cronograma no se encuentre afectado por rutas críticas presentes al momento de ejecutar las actividades de movimiento de tierras. El siguiente cuadro presenta las actividades en orden numérico que normalmente se realizan, siendo estos:

Cuadro No. 4 Actividades que se realizan en movimientos de tierra.

Número	Actividad
1	Replanteo y nivelación con equipo topográfico
2	Limpieza manual del terreno (Retiro de cosas existentes en el lugar)
3	Desbanque manual (Zanjas, cometidas de alcantarillado y agua)
4	Excavación manual en cimientos y plintos (Superficiales o directas)
5	Excavación. h=3 a 4m. a máquina(retroexcavadora)
6	Excavación. h=4 a 6m. a máquina (retroexcavadora)
7	Excavación > 6m a máquina (retroexcavadora)
8	Excavación en roca sin explosivos, equipo: martillo neumático y compresor
9	Excavación en fango. equipo: retroexcavadora y bomba de agua
10	Excavación de zanjas a máquina. equipo: retroexcavadora
11	Relleno compactado con material de mejoramiento: lastre y plancha compactadora
12	Relleno compactado con suelo natural
13	Corte neto. equipo: motoniveladora
15	Desalojo a máquina. equipo: cargadora frontal y volqueta
16	Desalojo a máquina equipo: volqueta
17	Derrocamiento a mano de estructura existente
18	Rotura de pavimento a mano
19	Entibado con tablero

Fuente: Cámara de Construcción de Quito (2013).

- Tipos de excavaciones**

Cuadro No. 5 Tipos de excavaciones.

Excavación a cielo abierto	En este tipo de excavaciones lo fundamental es la elección del equipo o maquina adecuada para realizar las actividades necesarias para excavación y desalojo. Determinando el nivel freático por debajo del plano de excavación. 
Excavación manual	Se trata de pequeños volúmenes, que pueden ser ejecutados por la mano de obra calificada presente en obra y requieren de herramienta menor, en alturas que no sobrepasen los 1.20m, o volúmenes de hasta 150m³. 

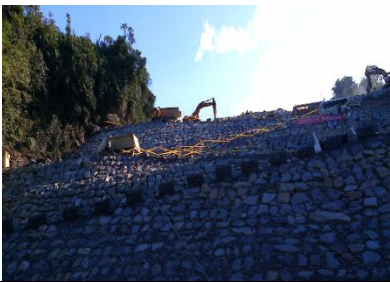
Excavación mecánica	Las excavaciones tienden a realizar equipos adecuados, dependerá fundamentalmente de la profundidad de la excavación, del volumen, del tipo de material y del espacio disponible para la maniobra. Una excavación con máquina se realiza cuando: • El volumen de excavación es mayor a 150 m³. • La profundidad es mayor a 1.20 m. • El tipo de material es cascajo mediano a grueso, roca suelta o compactada. Para suelos blandos, arenas y gravas, se usa pala y de ser necesario el pico. • Cuando los espacios disponibles son mayores a 6 m. 
Excavaciones subterráneas	Para túneles y galerías es necesario el uso de explosivos o topes según la longitud y tipo de terreno. La sección debe ser suficiente para permitir el uso de medios mecánicos de excavación, carga y acarreo (mayor de 3 m²). Se utilizan rizadoras, martillos de percusión, escudos cuando los terrenos son inestables. Se denomina excavación de pozo a la excavación en vertical o casi vertical y los productos se obtienen por elevación. Las dificultades, organización, medios auxiliares y costo de estas excavaciones subterráneas. 
Excavaciones subacuáticas	En este tipo de excavaciones no es posible una actuación desde tierra, siendo necesario el empleo de material flotante o medios análogos. Según la naturaleza del fondo, se pueden clasificar en: Arenas y fangos: Se pueden transportar por tubería los productos de excavación mediante bombas y dragas de succión. • Fondos moderadamente duros: Arenas consolidadas y rocas blandas dragas de succión con cable. • Fondos duros: Mediante dragas de arranque o rosario. • Rocas: Mediante martillo romperrocas o voladuras subacuáticas Este material extraído no puede transportarse por tubería, por componerse normalmente de trozos grandes.

Fuente: Galabru (2002).

- **Actividades frecuentes en movimientos de tierra**

Cuadro No. 6 Operaciones en movimientos de tierra.

Demolición	Por medios mecánicos	Con el uso de excavadoras de corto y largo alcance, martillos hidráulicos, cizallas de corte, equipos de soldadura, permiten realizar demoliciones por empuje, por descalce, perforación térmica.
	Por medio manual	El método de demolición a mano es el más antiguo y tradicional de los conocidos y se realiza principalmente en zonas urbanas. Para la realización de este método es necesario disponer de herramienta menor como: cincel, picos, palas, cortafríos, martillos, etc. Para demoler pequeños elementos en obra, con lo cual los residuos no adquieren tamaños excesivos para su traslado.
Limpieza y desbroce de vegetación	La limpieza y desbroce es una actividad de tala o poda de vegetación, que se encuentra en la superficie del lugar de trabajo. Este consistirá en la remoción y desecho de raíces de más de 76.2mm (3 pulgadas) de diámetro y raíces enredadas. Cuando exista la presencia de árboles esta se desbrozara hasta una profundidad no menor de 457.2mm (18 pulgadas) por debajo del nivel original del suelo o hasta obtener su raíz y hasta una altura de 1m.	
Excavación en zanja	Se entiende por excavación en zanja, a la excavación longitudinal cuyo fondo tiene una anchura igual o inferior a dos metros, pudiendo ser las paredes verticales o inclinadas con un cierto talud. En obra se mide la excavación realmente ejecutada, con ayuda de los perfiles transversales que previamente hay que levantar. En algunos casos puede abonarse la excavación por metro lineal, como en los casos de zanjas para conducciones de agua, eléctricas. En la excavación con entibación se aumentan los tiempos en 0.55 h (h=hora de trabajo).	
Excavación en pozo	Son excavaciones verticales, de sección circular o poligonal (cuadrada o rectangular), cuya profundidad es superior a dos veces el diámetro o lado mayor de la sección. La excavación puede hacerse a mano o por medios mecánicos, La diferencia con la excavación en zanja es que el mayor tiempo y costo se supone por la extracción de los productos excavados.	
Vaciado	Es una excavación a cielo abierto, que tiene la particularidad de que la cota del terreno excavado queda por debajo de la del terreno circundante en toda su extensión.	
Terraplenes y pedraplenes	Se entiende por terraplén a la extensión y compactación de tierras procedentes de excavaciones o préstamos, que se realiza normalmente utilizando medios mecánicos. La partida de terraplén puede considerarse independiente de la de excavación y transporte de tierras, o puede considerarse formando un conjunto con ella, lo cual es frecuente en el caso de tierras procedentes de préstamos. Los pedraplenes son obras análogas a los terraplenes, ejecutadas con piedra en lugar de tierra, bien sea aquella procedente de machaqueo o de gravera.	

	
Voladuras	Cuando por la dureza del terreno no es posible realizar la excavación por los medios manuales o mecánicos expuestos, es necesario efectuar voladuras mediante el empleo de explosivos. Las voladuras se utilizan no sólo para ejecutar excavaciones en roca, sino también para obtener áridos y escollera de una cantera o demoliciones de obras de fábrica. Toda voladura comprende la realización sucesiva de las tres operaciones siguientes: • Perforación de los barrancos necesarios. • Colocación de explosivo, detonador y mecha. • Voladura propiamente dicha. Dependiendo del tipo de roca, el frente de cantera suele tener entre 15 y 30 metros de altura. La superficie superior del frente de cantera ha de estar libre de montera para permitir las tareas de los perforadores. 
Perforación	La perforación de barrenos a mano es una operación lenta y de elevado coste, por lo que se emplea en muy contadas ocasiones y sólo en voladuras de pequeña importancia. La perforación se realiza prácticamente siempre por medios mecánicos, utilizando para ello compresores y martillos perforadores neumáticos, cuya potencia depende en cada caso del volumen a excavar.
Carga en los barrenos	Los valores característicos en la determinación de la carga de los barrenos tanto aislados como para varios barrenos, como el rendimiento en la perforación de los barrenos depende fundamentalmente de la dureza de la roca a excavar. A estos efectos, pueden clasificarse las rocas en cuatro grupos: - Roca blanda: pizarras, yesos, areniscas blandas. - Roca media: areniscas, calizas, margas. - Roca dura: calizas jurásicas, granitos, gneis. - Roca muy dura: cuarcitas, sienitas, basaltos.

Fuente: Nichols (1966).

- **Factores que se consideran antes de iniciar los movimientos de tierra.**

Galabru (2002), identifico que “Existen una serie de factores que son conocidos previamente al inicio del movimiento de tierras y que deben ser valorados a la hora de dimensionar los medios para optimizar la productividad de los equipos de excavación”. El proceso de planificación previo al desarrollo de una actividad de movimiento de tierras es sumamente importante ya que permite el poder obtener adecuados rendimientos que permiten cumplir los plazos previstos, además el poder evitar la reducción de costos, en función de los siguientes aspectos:

Cuadro No. 7 Aspectos a considerar en movimientos de tierra.

Número	Aspecto	Descripción
1	Ubicación de la obra	No es lo mismo trabajar en zonas urbanas que rurales ni en zonas montañosas que en lugares llanos
2	Topología de la obra	Las excavaciones pueden ser a cielo abierto o en túneles, galerías o pozos.
3	Envergadura de la obra	La maquinaria se ha de dimensionar en función del volumen de tierra que se tenga que mover en la obra. No es lo mismo mover 1.000 m ³ que 1.000.000 m ³
4	Material que se ha de excavar	Parece bastante evidente que no se utilizará la misma tipología de maquinaria cuando se tenga que excavar roca que cuando se trate de tierras más sueltas.
5	Condicionantes adicionales	Se deben tener en cuenta y obligan a utilizar un tipo de maquinaria muy concreta, como cuando se realiza una excavación con presencia de servicios.

Fuente: Galabru (2002).

Además, el mismo autor sostiene que “Los factores climatológicos influyen de forma negativa en los movimientos de tierras, por lo que en zonas climáticas donde las condiciones no son favorables se debe considerar que se perderá un número considerable de jornadas de trabajo”.

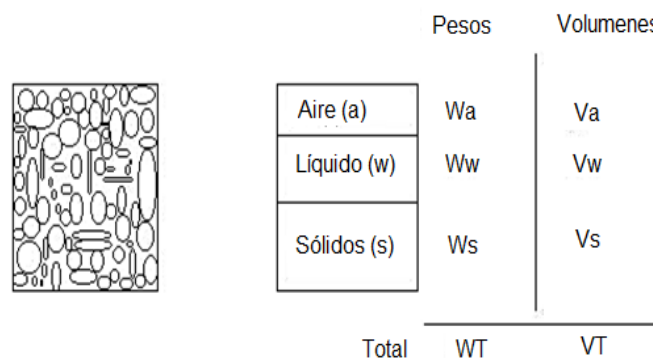
2.1.8.2 Suelo

Galabru (2002), identifica a “Los materiales que normalmente se cortan, transportan y colocan en el proceso de movimiento de tierra, como rocas y suelos”.

Además, indica que las formaciones de material se encuentran en la naturaleza, y se denominan bancos. Cada terreno presenta su dificultad al momento de realizar su excavabilidad sea este para extraer o separar del banco porciones de su material, a este proceso se lo conoce como movimiento de tierras. Los diversos tipos de suelos que son considerados en el movimiento de tierras pueden variar desde roca sólida hasta tierra sola, pasando por todas las combinaciones de roca y tierra. Así los diferentes tipos de material ofrecen diferente resistencia para ser movidos, dependiendo del peso del material, dureza, rozamiento interno y cohesión.

Braja (2001), en forma general divide básicamente en cinco grupos: arcillas, limos, arena, gravas y materia orgánica. La realidad dice que se pueden encontrar estos materiales en forma independiente o en varias combinaciones y mezclas. Se tiene que, una menor resistencia de remoción implica una mayor facilidad de carga, siendo ésta última fundamental en la elección del equipo o tipo de maquinaria a utilizar. Los distintos tipos de tierras se forman con rocas desintegradas, residuos vegetales y animales. Una vez formada, comprende materia mineral, materia orgánica, agua y aire.

Figura No. 4 Estructura del suelo.



Fuente: Braja (2001)

- **Características generales de los suelos**

Los suelos poseen características especiales que deben ser considerados, como podemos ver en el cuadro No.8

Cuadro No. 8 Características físicas y geotécnicas del suelo.

Tipo	Descripción
Cohesión	Es la fuerza de unión entre las superficies de contacto de las partículas de un suelo. La cohesión varía con el contenido de agua.
Fricción	Fuerza de rozamiento entre partículas de un suelo, su valor es constante para cada material, y es afectada por el contenido de agua. Es nula en las arcillas y alta en las arenas y gravas.
Compresibilidad	Es un fenómeno que se produce en los suelos finos cuando son sometidos a cargas o presiones estáticas y que se manifiesta por una reducción de volumen debido a la expulsión de aire de sus poros.
Peso unitario	Es un término que se utiliza en el movimiento de tierras como sinónimo de densidad. La diferencia es que físicamente la densidad se refiere a un material sólido y el peso unitario a un material compuesto por tres elementos diferentes: Sólidos, agua y aire.
La humedad	Es el contenido de agua que un suelo posee en estado natural, suelto o compactado, afecta el peso unitario del material y especialmente el comportamiento de los suelos cohesivos (arcillas y limos).
Límites de consistencia	Son fronteras donde un suelo cohesivo cambia la modificarse su contenido de agua. Se entiende por consistencia el grado de resistencia que tiene un suelo a deformarse o fluir
Límite entre el estado sólido y el plástico	Se conoce como límite plástico (LP) y equivale al contenido de agua en el cual el suelo comienza a comportarse como un material plástico.

Fuente: Braja (2001)

Tiktin (1997), explica que este tipo de elementos son importantes en la construcción de diversas obras civiles, por lo que es de vital importancia el poder conocerlos para entender sus características y propiedades. De esta manera las asociaremos al proceso de extracción, acarreo y colocación en el desarrollo de las acciones. De una manera general podemos determinar la conformación del suelo existe en el país., como son:

Cuadro No. 9 Características físicas y geotécnicas de las rocas.

Tipo	Descripción
Bajo grado de fracturamiento	La dureza de la masa es un factor importante a tener en cuenta en el barrenado para la colocación de explosivos y en la trituración.
Grado de meteorización	Puede determinar el nivel de dificultad que tiene la excavación de una roca, que a su vez establece el equipo a utilizar.
La densidad	Relación entre la masa o peso de un cuerpo y el volumen que ocupa) tiene efecto importante en la carga y transporte de material, entre más denso un material, mayor la dificultad de cargar y transportar.
Resistencia de la roca	Desde el punto de vista de la cimentación su capacidad de soporte por lo general es muy alta

Fuente: Tiktin (1997).

- **Propiedades de los compuestos físicos de los suelos**

En la siguiente tabla muestra en forma general la composición de los suelos.

Cuadro No. 10 Características físicas de los suelos.

Material	Descripción	Clasificación	Descripción elemento	
Rocas	Definidas como un material sólido duro, que se presenta en grandes masas o en fragmentos de tamaño considerable	Se clasifican para su extracción en duras y blandas	Duras cuando es necesario recurrir a explosivos o perforadoras,	Se conocen las masas de roca sana
			Blandas si puede utilizarse equipo de extracción mecánica	arcillolitas, lodolitas, limolitas, y areniscas pobremente descompuestas
Suelos	Sus características son blandos desde el punto de vista de su extracción	Estos pueden agruparse en gruesos y finos	Gravas y arenas	
			Limos y las arcillas	

Fuente: Rogers (1999).

Rogers (1999), indica que los suelos al estar compuestos por rocas, tienden a clasificarse en sedimentarias, metamórficas e ígneas; estas brindan propiedades mecánicas al suelo. Es fundamental identificar, el tipo de suelo en el cual se va a realizar las diferentes operaciones de movimiento de tierras.

Cuadro No. 11 Componentes del suelo.

Rocas sedimentaria	Rocas formadas por acumulación de sedimentos (fragmentos de rocas), sobre la superficie terrestre las cuales han sido transportadas por fenómenos físicos como el viento, temperatura, lluvia, circulación de aguas superficiales o subterráneas, acciones de agentes químicos u orgánicos, que con el paso del tiempo han llegado a consolidarse. En este tipo de suelos podemos encontrar materiales como el limo que es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, puede ser orgánico (barro, lodo, material vegetal) u inorgánico (polvo, loess). La arcilla que es un suelo sedimentario presente en materiales de silicatos de aluminio que se obtiene del feldespato y el granito. Como característica su facilidad de alcanzar límites plásticos requeridos al ser mezclada con agua, es usada en la construcción de bloques, ladrillos, cerámicas y cemento. 
---------------------------	---

Rocas metamórficas	Son las que se forman a partir rocas ígneas y/o sedimentarias, su transformación es en la estructura, la composición química o mineral cuando queda sometida a condiciones de temperatura o presión distintas a las que la originaron. Como característica tenemos que sus texturas son de tipo foliadas (laminas como el esquisto, gneis) y no foliadas (aspecto cristalino se forman por el metamorfismo de calizas y dolomías, cuarcita, serpentina (asbesto) y la canchagua.
Rocas ígneas	Este tipo de rocas son producto de la fundición de roca (magma) se enfría y se solidifica, cuando el enfriamiento es lento bajo la superficie se forman rocas con cristales plutónicas o intrusivas y cuando el enfriamiento es rápido se forman rocas denominadas volcánicas o extrusivas. Este tipo de rocas, componen gran parte de la corteza terrestre pero quedan bajo capas de rocas sedimentarias y metamórficas, dando formación a los bancos de tierra. Como rocas plutónicas o intrusivas podemos mencionar a la formación visible y grande de granito, feldespato, cuarzo, feldespatoideos, olivinas, piroxenos, anfíboles y micas.

Fuente: Rogers (1999).

- **Propiedades mecánicas del suelo**

Según Braja (2001), las partículas que en general conforman el suelo son llamados como grava, arena, limo o arcilla, dependen del tamaño de las partículas que el suelo contenga, y generalizo al suelo de la siguiente forma:

Cuadro No. 12 Componentes finos del suelo.

Gravas	Arenas	Limos
Fragmentos de roca con partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales.	Granos de cuarzo, feldespato y otros minerales.	Granos muy finos de cuarzo y minerales micáceos.

Fuente: Braja (2001)

En las siguientes tablas determinamos la nomenclatura y propiedades del suelo según SUCS, AASHTO y otras organizaciones que realizaran estudios del suelo en laboratorio, necesarios para determinar el análisis en el sitio de trabajo y determinar la gestión de riesgos necesaria en aspectos antes mencionados.

Tabla No. 3 Tamaño de los componentes del suelo.

Organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Funcionarios de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; American Society for Testing and Materials) SUCS	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (Limos y Arcillas) <0.075	

Fuente: Braja (2001).

En el ANEXO C se presenta la composición de rocas presentes en los suelos con sus diferentes características, para el diseño del manual se muestra el tamaño de los agregados que el suelo contiene, para identificar en la revisión del sitio de trabajo.

Tabla No. 4 Propiedades físicas de partículas del suelo.

Clasificación de rocas sedimentarias			
Dimensiones de las partículas (mm)	Color	Categoría	Descripcion
MATERIAL GRANULAR			
4000-2000	Gris-Rosado	Piedra redondeada muy grande	
2000-1000		Piedras redondeada grande	
1000-500		Piedra redondeada mediana	
500-250		Piedra redondeada pequeña	
250-130	Gris	Canto rodado grande	
130-64	Gris	Canto rodado pequeño	
64-32	Gris-Rojo-Amarillo	Grava muy gruesa	
32-16	Gris-Rojo-Amarillo	Grava gruesa	
16-8		grava mediana	
8-4		Grava fina	
4-2		Grava muy fina	
12-25		Grava triturada	
2-1		Arena muy gruesa	
1.00-0.50		Arena gruesa	
0.50-0.25		Arena mediana	
0.25-0.125		Arena fina	
0.125-0.062		Arena muy fina	
MATERIAL COHESIVO			
0.062-0.031	Gris-Rojo-Amarillo	Limo grueso	
0.031-0.016		Limo mediano	
0.016-0.008		Limo fino	
0.008-0.004		Limo muy fino	
0.004-0.0020		Arcilla gruesa	
0.0020-0.0010		Arcilla mediana	
0.0010-0.0005		Arcilla fina	
0.0005-0.00024		Arcilla muy fina	
0.0020-0.0010	Verde-Azul	Arcilla inorganicas y organicas	

Fuente: Peters (2010)

En las siguientes tablas se caracteriza las propiedades mecánicas del suelo según los ensayos más representativos como el SUCS y AHSSTO.

Tabla No. 5 Propiedades mecánicas del suelo SUCS.

Principales divisiones		Nomenclatura SUCS		Descripción	Valor como terreno de apoyo	Valor como subbase	Valor como base	Compresibilidad y expansión	Características de drenaje	Características de drenaje	CBR	Módulo k en Tm/m3 y en lb/pulg3
Suelos de grano grueso	Gravas y suelos con grava	GW		Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Excelente	Excelente	Bueno	Casi ninguna	Excelente	2,00-2,24	40-80	5536-8304 200-300
		GP		Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Bueno a excelente	Bueno	Regular a bueno	Casi ninguna	Excelente	1,76-2,24	30-60	5536-8304 200-300
		G M	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Bueno a excelente	Bueno	Regular a bueno	Muy ligera	Pobre a mediano	2,00-2,32	40-60	5536-8304 200-300
			u		Bueno	Mediano	Pobre a no conveniente	Ligera	Pobre a prácticamente impermeable	1,84-2,16	20-30	2768-8304 100-300
		GC		Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Bueno	Mediano	Pobre a no conveniente	Ligera	Pobre a prácticamente impermeable	2,08-2,32	20-40	2768-5536 100-200
	Arenas y suelos arenosos	SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Bueno	Mediano a bueno	Pobre	Casi ninguna	Excelente	1,76-2,08	20-40	5536-8304 200-300
		SP		Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Mediano a bueno	Mediano	Pobre a no conveniente	Casi ninguna	Excelente	1,68-2,16	10-40	5536-8304 200-300
		S M	d	Arenas limosas,	Mediano a bueno	Mediano a bueno	Pobre	Muy ligera	Pobre a mediano	1,92-2,16	15-40	5536-8304 200-300

			u	mezclas de arena y limo	Mediano	Pobre a mediano	No conveniente	Ligera a media	Pobre a prácticamente impermeable	1,60-2,08	10-20	2768-5536 100-200
		SC		Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Pobre a mediano	Pobre	No conveniente	Ligera a media	Pobre a prácticamente impermeable	1,60-2,16	5-20	2768-8304 100-300
Suelos de grano fino	Limos y arcillas	ML		Limos inorgánicos	Pobre a mediano	No conveniente	No conveniente	Ligera a media	Pobre a mediano	1,44-2,08	15 o menos	2768-5536 100-200
		CL		Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Pobre a mediano	No conveniente	No conveniente	Media	Prácticamente impermeable	1,44-2,08	15 o menos	1384-5536 50-200
		OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	Pobre	No conveniente	No conveniente	Media a alta	Pobre	1,44-1,68	5 o menos	1384-2768 50-100
		MH		Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Pobre	No conveniente	No conveniente	Alta	Pobre a mediano	1,28-1,68	10 o menos	1384-2768 50-100
		CH		Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Pobre a mediano	No conveniente	No conveniente	Alta	Prácticamente impermeable	1,44-1,84	15 o menos	1384-5536 50-200
		OH		Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad	Pobre a muy pobre	No conveniente	No conveniente	Alta	Prácticamente impermeable	1,28-1,76	5 o menos	692-2768 25-100
Suelos alta. orgánicos		Pt		Turba y otros suelos altamente orgánicos	No conveniente	No conveniente	No conveniente	Muy alta	Pobre a mediano	—	—	—

Fuente: Rogers (1999).

Tabla No. 6 Propiedades mecánicas del suelo AASHTO.

Nomenclatura AASHTO	descripción	Permeabilidad	Cambios de volumen	Para capa de rodadura	Para base	Para subbase	Para terraplenes de 15m	Para terraplenes de 15m
A-1	Mezcla de grava, arena, limo y arcilla, en cantidades bien proporcionadas	Baja	Muy pequeños	Excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Excelente
A-2	Mezcla mal proporcionada de grava, arena, limo y arcilla. Tiene limo o arcilla en exceso	Baja a mediana	A veces perjudiciales cuando son plásticos	Regular a bueno	Regular a excelente	Regular a excelente	Regular a bueno	Bueno
A-3	Arena o mezcla de grava y arena, con poco o nada de material fino	Mediana a elevada	Muy pequeños	Malo a regular	Regular a excelente	Regular a excelente	Regular a bueno	Bueno
A-4	Material limoso sin grava, ni arena gruesa. Contiene algo de arena fina y mediana. Su contenido de arcilla no es elevado	Baja a mediana	Regulares a grandes.	Malo a pésimo	Malo a regular	Malo a regular	Malo a bueno	Malo a bueno
A-5	Material limoso semejante a A-4 pero con cierta cantidad de mica o diatomeas que le da elasticidad	Baja	Regulares a grandes. A veces perjudiciales cuando llueve	Pésimo	Malo	Malo	Pésimo	Malo a pésimo
A-6	Terreno arcilloso sin material grueso. Poca arena fina. Rico en material coloidal	Prácticamente impermeable	Grandes. Pueden ser perjudiciales en época de lluvia	Malo a pésimo	Regular a pésimo	Pésimo a regular	Malo a pésimo	Regular a malo
A-7	Terreno arcilloso semejante a A-6, pero no tan rico en material coloidal. Presenta propiedades elásticas	Baja	Grandes. Pueden ser perjudiciales en época de lluvia	Malo a pésimo	Regular a pésimo	Regular a pésimo	Malo a pésimo	Malo a pésimo
A-8	Terreno turboso, suave y esponjoso. Puede contener arena y material fino en cantidades variables	Muy permeable	Grandes perjudiciales	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo

Fuente: Rogers (1999).

- **Compacidad relativa**

Braja (2001), nos indica que la compacidad relativa es el grado de flojedad in situ del suelo con apariencia granular y se determina en las siguientes tablas siendo estos valores típicos del suelo en estado natural:

Tabla No. 7 Descripción de suelo granular.

Compacidad relativa (%)	Descripción de suelo
0 - 15	Muy suelto
15 - 50	Suelto
50 - 70	Medio
70 - 85	Denso
85 - 100	Muy denso

Fuente: Braja M Das (2001).

Otras propiedades que nos ayudan a identificar el tipo de suelo en los diversos proyectos son los que se muestran en la tabla 8.

Tabla No. 8 Valores típicos del suelo en estado natural.

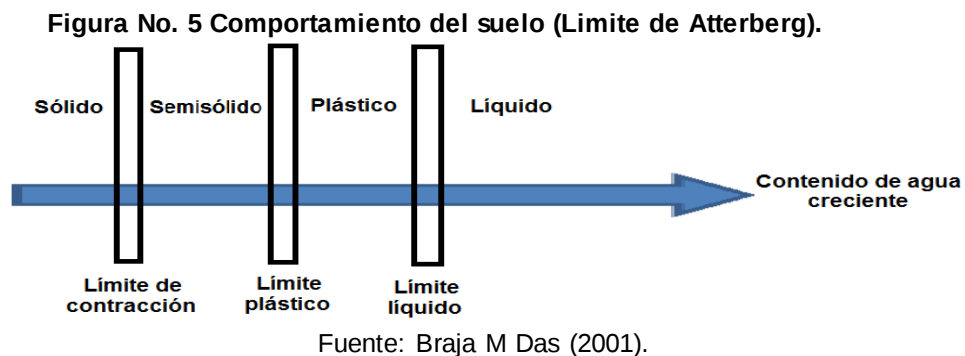
Descripción	Resistencia compresión simple (Kg/cm²)	Huella y sonido
Muy blanda	10-15	El material se disgrega completamente con un golpe del pico del martillo y se deshace con navaja.
Blanda Media	50-250	El material se adentra de 1,5 a 3 mm con el pico del martillo y se deshace con la navaja.
Moderadamente	250-500	El material NO se deshace con la navaja. La muestra sostenida en la mano se rompe con UN (1) golpe de martillo. La muestra se rompe con VARIOS golpes de martillo.
Dura	500-1000	La muestra depositada en el suelo se rompe con UN (1) golpe.
Dura	1000-2500	La muestra se rompe con dificultad a golpes con el pico del martillo. Sonido MACIZO.
Muy dura	> 2500	

Fuente: Peters (2010).

Peters (2010), expone que los materiales se pueden clasificar según su velocidad sísmica, y tomando unos valores orientativos se utilizarán las máquinas que posteriormente se verán, y que pueden resumirse tomando en consideración los siguientes aspectos.

- **Consistencia del suelo**

Braja (2001), indica que el suelo de grano fino contiene minerales de arcilla, la cual le da al suelo características de material cohesivo debido al agua absorbida por las partículas de arcilla. Es por esta característica de la arcilla que podemos determinar el límite líquido, límite plástico, límite de contracción. La clasificación del comportamiento de suelo dependiendo del contenido de agua es:

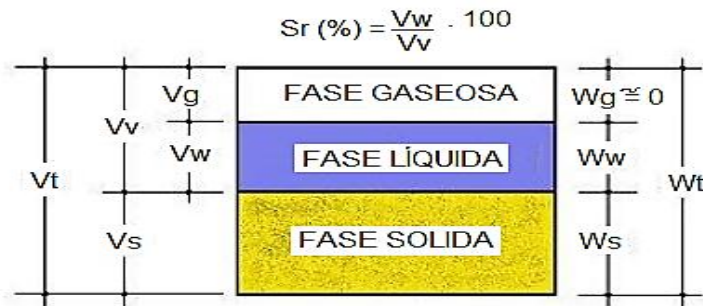


El límite líquido es el contenido de humedad del límite que el suelo tiene al pasar del estado líquido al plástico. El límite plástico es el contenido de humedad límite que tiene el suelo para pasar del estado plástico al semisólido y es determinado por el cálculo del contenido de humedad para el cual se agrieta y rompe el suelo, cuando se intenta moldear con la palma de la mano sobre una superficie lisa un cilindro de 3 mm de diámetro por 10 cm de largo. Están determinados por la norma ASTM D- 4318 que se efectúa en el laboratorio. El límite de contracción es el contenido de humedad límite para pasar del estado semisólido al sólido o es el contenido de humedad con el que el suelo ya no disminuye su volumen a pesar de seguir perdiendo humedad y está determinado por la norma ASTM D- 427 que se efectúa en el laboratorio (Braja, 2001).

El mismo autor, sugiere que para la clasificación SUCS, los grupos GM y SM están regidos al límite de Atterber, donde, d se usara cuando el límite líquido es 25 o menor y el índice de plasticidad es 5 o menor y u cuando es contrario. Se debe solicitar el estudio de suelos realizado para la ejecución del proyecto, sin embargo se puede determinar físicamente el estado de humedad del suelo para determinar si los bancos donde se proyectan los movimientos de tierra son

confiables. Se puede determinar el grado de humedad del suelo con las siguientes variables:

Figura No. 6 Grado de humedad.



Fuente: Braja (2001).

Sr: Grado de saturación (%)

V_w : Volumen de agua

V_v : Volumen de vacíos

Rango: $0 \% \leq Sr \leq 100 \%$

Algunos valores característicos:

Suelo seco: $Sr = 0 \%$

Suelo húmedo: $0 \% < Sr < 100 \%$

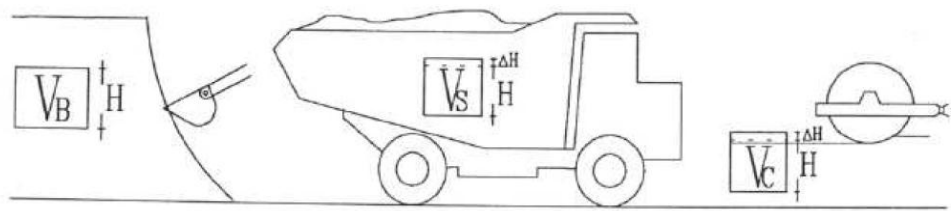
Suelo saturado: $Sr = 100 \%$

2.1.8.3 Volumen

Tiktin (1997), analiza los volúmenes principales en que se descompone el movimiento de tierras que figurarán en el proyecto con sus precios como unidades de obra, las cuales corresponden con distintas actividades como transporte de equipos, excavación, carga, transporte y desalojo. Los terrenos, ya sean suelos o rocas más o menos fragmentadas, están constituidos por la agregación de partículas de tamaños muy variados. Si mediante una acción mecánica variamos la ordenación de esas partículas, modificaremos así mismo el volumen de vacíos. Es decir, el volumen de una porción de material no es fijo, sino que depende de las acciones mecánicas a que lo sometamos. El volumen que ocupa en una situación dada se llama volumen aparente. El movimiento de tierras se lleva a cabo fundamentalmente mediante acciones mecánicas sobre los terrenos. Se causa así un cambio de volumen aparente, unas veces como efecto secundario

(aumento del volumen aparente mediante la excavación) y otras como objetivo intermedio para conseguir la mejora del comportamiento mecánico (disminución mediante apisonado).

Figura No. 7 Proceso para cambio de volumen.



Fuente: Tiktin (1997).

Tomando como referencia 1 m³ de material en banco, con todos los procesos de excavación, carga, transporte, tendido, compactado.

Figura No. 8 Cambios de volumen en movimientos de tierra.

VOLUMENES APARENTES				
	EXCAVACION	CARGA	TRANSPORTE	COMPACTACION
EXCAVACION EN TIERRAS	 1,0 VOLUMEN APARENTE	CARGADA 1,20 a 1,30	TRANSPORTE 1,20 a 1,30	VERTIDA 1,10 1,20 RELLENOS 1,0 1,10 PISADA 0,95 1,0 COMPACTADA
	EN BANCO 1,0 VOLADA 2,0 		 1,25 a 1,50	MACHAQUEO PRIMARIO 1,30 a 1,40 TRITURACION 1,20 a 1,30
EXCAVACION ROCA EN CANTERAS				

Fuente: Tiktin (1997).

Mientras no se produzcan pérdidas o adición de agua, una porción de suelo o rocas mantendrá constante el producto de su densidad aparente por su volumen aparente, siendo esta constante la masa de la porción de terreno que se manipula.

$$M= Va \times da$$

En el movimiento de tierras esta limitación se satisface muy pocas veces (evaporación, expulsión de agua durante el apisonado, adición de agua para facilitar el apisonado, etc.), por lo que la ecuación anterior no es de aplicación

general. En adelante se entenderá que los conceptos de volumen y densidad se refieren a volumen aparente y densidad aparente, aunque se omita el adjetivo aparente (Tiktin, 1997).

- **Esponjamiento y factor de esponjamiento**

Al excavar el material en banco, éste resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen. Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco, bank, B) o al material ya excavado (Suelto, loose, S). Se denomina factor de esponjamiento (Swell Factor) a la relación de volúmenes antes y después de la excavación. Sin embargo si en otro texto figura otra tabla con factores mayores que 1, quiere decir que están tomando la inversa, o sea $F' = VS / VB$ y si se desean emplear las fórmulas expuestas aquí, deben invertirse. Otra relación interesante es la que se conoce como porcentaje de esponjamiento (Galabru, 2002).

De esta manera, denomina el incremento de volumen que experimenta el material respecto al que tenía en el banco. Son frecuentes tablas en las que aparece el valor del esponjamiento para diferentes materiales al ser excavados. Conviene por ello deducir la relación entre volúmenes o densidades en banco y en material suelto.

- **Consolidación y compactación**

Las obras realizadas con tierras han de ser apisonadas enérgicamente para conseguir un comportamiento mecánico acorde con el uso al que están destinadas. Este proceso se conoce genéricamente como compactación y consolidación del material. La compactación ocasiona una disminución de volumen que ha de tenerse en cuenta para calcular la cantidad de material necesaria para construir una obra de tierras de volumen conocido. Se denomina factor de consolidación a la relación entre el volumen del material en banco y el volumen que ocupa una vez compactado. Si en el proceso de compactación y

consolidación no ha habido pérdida ni adición de agua (lo que es poco frecuente), el fa de consolidación puede expresarse según (Tiktin, 1997).

$$M=V_a \times d_a$$

- **Valores de esponjamiento y su factor**

Tiktin (1997), estudia cada caso los valores de Fw, Sw, para poder calcular con exactitud los cambios de volumen que va a experimentar el material en las distintas operaciones. Podemos adoptar los valores que aparecen en la tabla No.9

Tabla No. 9 Densidades, Sw, Fw frecuentes del movimiento de tierras.

Material		dL (t/m³)	dB (t/m³)	Sw (%)	Fw
Caliza		1.51	2.61	70	0.59
Arcilla	Estado natural	1.66	2.02	22	0.83
	Seco	1.48	1.84	25	0.81
	Húmeda	1.66	2.08	25	0.8
Arcilla y grava	Seco	1.42	1.66	17	0.86
	Húmeda	1.54	1.84	20	0.84
Roca alterada	75% Roca -25% Tierra	1.96	2.79	43	0.7
	50% Roca -50% Tierra	1.72	2.28	33	0.75
	25% Roca -75% Tierra	1.57	1.06	25	0.8
Tierra	Seca	1.51	1.9	20	0.8
	Húmeda	1.6	2.02	26	0.79
	Barro	1.25	1.54	23	0.81
Granito fragmentado		1.66	2.73	64	0.61
Grava	Natural	1.93	2.17	13	0.89
	Seca	1.51	1.69	13	0.89
	Mojada	2.02	2.26	13	0.89
Arena y arcilla		1.6	2.02	26	0.79
Yeso fragmentado		1.81	3.17	75	0.57
Arenisca		1.51	2.52	67	0.6
Arena	Seca	1.42	1.6	13	0.89
	Húmeda	1.69	1.9	13	0.89
	Empapada	1.84	2.08	13	0.89
Tierra y grava	Seca	1.72	1.93	13	0.89
	Húmeda	2.02	2.23	10	0.91
Tierra vegetal		0.95	1.37	44	0.69
Basaltos fragmentados		1.75	2.61	49	0.67

Fuente: Tiktin (1997).

Podemos determinar el volumen con los estudios de mecánica de suelos necesarios o por medio de identificar el tipo de suelo como se indicó en las tablas anteriores, para efectos del cálculo de volúmenes en forma más real aplicaremos la siguiente tabla.

Tabla No. 10 Volumen.

Volumen aparente	
Si mediante una acción mecánica variamos la ordenación de esas partículas, modificaremos así mismo el volumen de huecos.	
Densidad aparente	
$d_a = \frac{M}{V_a}$	d_a : densidad aparente. V_a : volumen aparente. M : masa de las partículas más masa de agua $M = V_a \times d_a$
Esponjamiento y factor de esponjamiento	
$F_w = \frac{V_B}{V_S} = \frac{d_S}{d_B}$	F_w : factor de esponjamiento (swell) V_B : volumen que ocupa el material en banco V_S : volumen que ocupa el material suelto d_B : densidad en banco d_S : densidad del material suelto.
$M = d_S \times V_S = d_B \times V_B$	El factor de esponjamiento es menor que 1
Sw : % de esponjamiento en función del volumen y densidad	
$S_w = \frac{V_S - V_B}{V_B} \times 100$	$S_w = \frac{d_B - d_S}{d_S} \times 100$
Volumen con relación al volumen y densidad	
$V_S = \left[\frac{S_w}{100} + 1 \right] \times V_B$	$d_B = \left[\frac{S_w}{100} + 1 \right] \times d_S$
Factor de esponjamiento	
$F_w = \frac{d_S}{d_B} = \frac{d_S}{\left[\frac{S_w}{100} + 1 \right] \times d_S} = \frac{1}{\frac{S_w}{100} + 1}$	
Fw y Sw valores característicos (Tabla 31)	
Consolidación y compactación	
Factor de consolidación	
$F_h = \frac{V_B}{V_C}$	F_h : factor de consolidación (Shrinkage). V_C : volumen de material compactado.
$F_h = \frac{d_C}{d_B}$	F_h : factor de consolidación (Shrinkage). d_B : densidad del material en banco.
Porcentaje de consolidación:	
$S_h = \frac{V_B - V_C}{V_B} \times 100$	S _h : % de consolidación
$V_B = \frac{1}{1 - \frac{S_h}{100}} \times V_C$	Volumen en banco
$S_h = \frac{d_C - d_B}{d_C} \times 100$	S _h : % de consolidación.
Relación entre densidades:	Volumen en banco:
$d_B = \left[1 - \frac{S_h}{100} \right] \times d_C$	$V_B = \frac{1}{1 - \frac{S_h}{100}} \times V_C$

Fuente: Galabru (2002).

2.1.8.4 Equipo

Según Galabru (2002), son máquinas usadas para realizar operaciones de excavación, carga, transporte y relleno. Se las considera como herramientas de trabajo que son frecuentemente usadas en diferentes proyectos. Su gran versatilidad, producción y costos han hecho de estas, sean indispensables para realizar proyectos a pequeña y gran escala.

- **Clasificación y tipos de maquinaria**

El autor Díaz del Río (1996), clasifica a la maquinaria usada en movimientos de tierra, atendiendo a su traslación, en tres grandes grupos:

Máquinas que excavan y trasladan la carga

- Mini cargador.
- Retroexcavadora cargadora.
- Cargadora neumática o sobre cadenas.
- Tractores con hoja topadora.
- Tractores con escarificador.
- Motoniveladoras.
- Mototraíllas.

Máquinas que excavan situadas fijas, sin desplazarse.

Realizan excavaciones, desmontes o bancos, cuando la excavación a realizar sale de su alcance, el conjunto de la máquina se traslada a una nueva posición de trabajo, pero no excava durante este desplazamiento. El desplazamiento necesario entre el órgano de trabajo (hoja, cuchara, cazo, cangilón, etc.) se efectúa mediante un dispositivo cinemático que modifica la posición relativa de este órgano de trabajo y el cuerpo principal de la máquina. En este grupo se encuentran:

- Excavadoras hidráulicas con cazo o martillo de impacto.
- Excavadoras de cables.
- Dragalinas.
- Excavadoras de rueda frontal.
- Excavadoras de cangilones.
- Dragas de rosario.
- Rozadoras o minadoras de túnel.

Maquinas especiales

La excavación se efectúa empleando otros dispositivos, siendo su campo de aplicación generalmente más limitado.

- Topos: La presión sobre el terreno se logra mediante el desplazamiento del cabezal de la máquina y el desgarramiento del mismo por un órgano dotado de movimiento rotativo.
- Dragas y bombas de succión: El material (arenas, limos) es arrastrado formando una emulsión por una corriente de agua que es aspirada por una bomba, que puede impulsarla por una tubería.
- Dardos y chorros de agua: A gran presión, utilizan la energía cinética y el efecto de disolución del agua para atacar y remover materiales disgregables.
- Zanjadoras: Son máquinas sobre orugas, generalmente de cangilones, que vierten las tierras excavadas en los bordes de la zanja o directamente sobre vehículo, pudiendo utilizarse incluso en terrenos de tránsito. El ancho de la zanja varía entre 45 y 60 cm, la profundidad hasta 2.5 m, su rendimiento entre 20-25 m³/h, según sea la clase de terreno y la anchura y profundidad de la zanja.

A continuación detallaremos los equipos más usados en el Ecuador, considerando factores del fabricante que intervienen en el uso adecuado de los mismos.

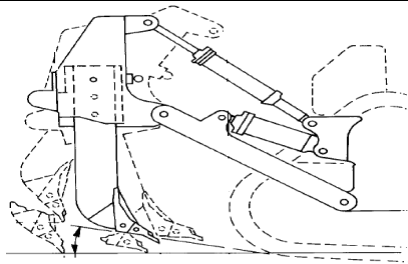
- **Maquinaria en el movimiento de tierras**

Cuadro No. 13 Equipos más usados.

Mini cargadora 	Esta es una máquina que consta de un chasis con cabina sobre el cual se instala una cuchara frontal o varios accesorios que se puede usar en este equipo. El motor de esta máquina suele estar acoplado en la parte trasera, en el punto de unión entre los brazos de la cuchara y el chasis. El chasis se desplaza sobre un sistema de orugas o de neumáticos. La cabina sellada y presurizada de los proporcionan comodidad óptima y máxima visibilidad al operador. Este tipo de máquina se utiliza principalmente en obras con superficies reducidas. Su función principal es la carga, transporte y descarga de materiales. La cuchara puede tener cuchilla o dientes y puede montar martillos hidráulicos o retos de pequeño tamaño en su parte trasera, por lo tanto es una máquina muy versátil, aunque limitada por su escasa potencia. Debido a su distribución de peso esta máquina tiende al vuelco si eleva mucho su cuchara.
Retroexcavadora cargadora 	Este tipo de maquinaria tiene un ensamblaje de tres piezas esenciales en los equipos, usados para movimiento de tierras (tractor, cargador y retroexcavadora), las herramientas permiten moverse rápidamente y con seguridad alrededor del sitio de terreno áspero. El cargador es capaz de transportar grandes cantidades de material (capacidad del cucharón), pero está diseñado para excavar. La retroexcavadora consiste de una pala dentada diseñada para desenterrar tierra compacta, o para levantar a los materiales. El retroexcavador proporciona mayor visibilidad, incluso cuando se utilizan cucharones estrechos, capacidad de alcance por encima de obstáculos y de cargar camiones con mayor facilidad y rapidez. Las ofertas para el acoplador rápido hace que este máquina sea muy versátil para usar en movimientos de tierra. La máquina entera es estabilizada por unas barras estabilizadoras, que disminuyen la tensión despojando la mayoría del peso en la máquina y sus neumáticos.

Cargadora 	Las palas cargadoras son máquinas sobre orugas o neumáticos, accionadas por mando hidráulico, adecuadas para excavaciones en terrenos flojos y carga de materiales sueltos, en camiones o dúmpers. Estas cargadoras son equipos muy usados en construcción, conocidos por su extrema versatilidad y capacidad de carga útil, estas máquinas realizan múltiples tareas mejorando los precios. Los cargadores frontales son usados primordialmente en aplicaciones como manejo de material, excavación, carga y transporte, construcción de carreteras, y preparación de lugares.
Excavadora de orugas 	La excavadora es frecuentemente usada para la excavación de rocas y tierra, sin embargo, gracias a sus numerosos accesorios también puede ser usada para el corte de acero, trituración de rocas, acero, y concreto, y hasta para acribillar lugares. La invención de la excavadora hidráulica, con su fácil operación y barata producción, reemplazó a la excavadora de cable. Son máquinas compuestas de un bastidor montado sobre orugas o neumáticos y una superestructura giratoria dotada de un brazo con cuchara, accionado por mando hidráulico o por cables. Se utilizan para excavar en frentes de trabajo de cierta altura y realizan los movimientos siguientes: excavación de abajo hacia arriba, giro horizontal y descarga de la cuchara, giro horizontal de regreso al frente de trabajo.
Tractor topador 	También es llamado bulldozer, estos son tractores dotados de una cuchilla frontal rígidamente unidos, que forma un ángulo de 90° con el eje del tractor. La cuchilla tiene movimiento vertical, se emplea para realizar excavaciones superficiales en terrenos compactos para la limpieza de capas vegetales, extendidas de tierras y áridas. La distancia óptima de trabajo es hasta 100 m, montado sobre orugas. En las especificaciones técnicas de los diferentes fabricantes, están detallados las dimensiones, los pesos, los sistemas internos de configuración, incluso las curvas que caracterizan el esfuerzo. En el momento de empezar la excavación $h = H$, permitiendo evaluar el espesor inicial de la tongada a excavar en función del esfuerzo disponible.
Motoniveladora	Esta es una máquina que cuenta con una larga cuchilla empleada para nivelar terrenos. Generalmente presentan tres ejes: la cabina y el motor se encuentran situados en la parte posterior, sobre los dos ejes tractores, y el tercer eje se localiza en la parte frontal de la máquina, estando localizada la hoja niveladora entre el eje frontal, y los dos ejes traseros. En ciertos

	proyectos se usan motoniveladoras equipadas con una tercera cuchilla, localizada frente al eje delantero. El principal objetivo de la motoniveladora es nivelar terrenos, y refinar taludes. Una de las características que dan gran versatilidad a esta máquina es que es capaz de realizar el refinado de taludes con distintas inclinaciones. El trabajo de la motoniveladora suele complementar al realizado previamente por otra maquinaria de construcción, como excavadoras.
Rodillo vibratorio 	También llamadas apisonadoras, son máquinas autopropulsadas que se emplean en la compactación de tierras con espesores de 20 -30 cm. Su peso varía de 5 a 15 t. Puede compactar adecuadamente gravillas, arenas y, en general, terrenos con poco o ningún aglomerante, en espesores hasta 25 cm. En el caso de los rodillos lisos no son aptos para suelos arcillosos. Los rodillos pata de cabra son máquinas que se utilizan para la compactación de terrenos con excepción de arenas, gravas y piedra partida. Disponen de depósitos para lastre, que pueden estar vacíos o llenos de agua o arena, lo que permite aumentar la presión que se transmite al suelo.
Mototraillas 	Las traíllas y moto traíllas son máquinas diseñadas para realizar simultáneamente la excavación, el transporte y el extendido de tierras. Se emplean en obras lineales de movimiento de tierras (canteras, canales, etc.). Las traíllas pueden ser remolcadas por tractores, para distancias de transporte de 100 m. a 500 m. o autopropulsadas, para distancias de transporte de 300 a 1500 m. La velocidad oscila entre 30 y 60 Km/h, dependiendo de las circunstancias de la vía. El tiempo de ida (cargado) y vuelta (vacío) se puede determinar del gráfico potencia/velocidad de a traílla que se utilice. En casos normales se pueden adoptar valores comprendidos entre 20 y 50 Km/h.
Desgarradores	El ripado en terrenos muy compactos es necesario utilizar un bulldozer para ripar la superficie, siempre que ésta no exceda el valor de 3500m/seg de velocidad sísmica. La gran importancia económica del ripado reside en el abaratamiento del costo de extracción de ciertos materiales que no son excavables directamente. El parámetro que decide si un terreno es ripable o no es su velocidad sísmica. Si el terreno es llano se ripa en ambos sentidos. Si tiene una pequeña pendiente se ripa en sentido favorable. Para todos los casos se supone que el tractor tiene suficiente potencia móvil y que supera de forma permanente el límite por adherencia.



El operador puede ajustar el ángulo de la punta del desgarrador al tipo de material para obtener mejor penetración a cualquier profundidad de desgarramiento y aumentar la producción. La fuerza de desprendimiento se mide con el vástago colocado en el agujero superior, en posición vertical y con el desgarrador completamente abajo. La fuerza de desprendimiento puede estar limitada por la capacidad hidráulica o por el equilibrio.

Volqueta



Dumper



El transporte de material excavado es muy usual que sea reusado o transportado a escombreras. El transporte de tierras puede formar una unidad única con la excavación en desmonte y el transporte de tierras. Tanto camiones como dumpers son medios de transporte a largas distancias, con una serie de peculiaridades. Mientras los primeros no pasan de un peso de 13 toneladas por eje (pueden circular por carreteras convencionales), los segundos no. Los segundos, además de su gran capacidad, tienen un diseño especial que los compatibilizan para soportar cargas bruscas, terrenos accidentados, etc.

En obra, el transporte de tierras a vertedero se mide por diferencia entre el volumen realmente excavado y el de relleno, teniendo en cuenta el esponjamiento real del terreno. También puede medirse por cubicación de la caja de los camiones y conteo de los mismos, pero este procedimiento se presta a errores y discusiones entre la Dirección de Obra y el Contratista.

Fuente: Manual de Equipos Caterpillar (2015).

- **Condiciones usadas para el control de equipos**

Producción de una máquina

La Producción o rendimiento de una máquina es el número de unidades de trabajo (m^2 , m^3 , tn) que realiza en unidad de tiempo, generalmente una hora:

$$\text{Rendimiento} = \text{Unidades de trabajo} / \text{hora}$$

Las unidades de trabajo más comúnmente empleadas en un movimiento de tierra son el m^3 , en otras actividades de la construcción se usa el metro lineal como en zanjas. La unidad de tiempo más empleada es la hora, aunque a veces la producción se expresa por día.

Tabla No. 11 Formula de la producción.

Producción teórica horaria
Producción (t o m^3) = Capacidad (t o m^3/ciclo) x N° ciclos/hora
Producción real
$Pr = C \times n^\circ \text{ ciclos} / \text{hora} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times \dots \times f_n$
C: Capacidad del equipo
f: factor de corrección de la eficiencia

Fuente: Galabru (2002)

La producción, cuando se realizan movimientos de tierra se encuentran afectados por los siguientes factores:

Cuadro No. 14 Factores que afectan a la producción.

Naturaleza	Disposición y grado de humedad del terreno	Los materiales en estado seco tienen un volumen aparente que es el que ocupa la capacidad de la máquina	
		En estado húmedo presentan una adherencia que hace aumentar la capacidad	
		Margas y arcillas húmedas el rendimiento de excavación puede bajar por adherirse el material a las paredes	
Accesos (pendiente, estado del firme)	Afecta	En la potencia necesaria de los vehículos	
		En el consumo de combustible y neumáticos	
		En el tiempo de transporte	
		En la capacidad de transporte	
		En la propia logística, si se producen averías y no hay zona de estacionamiento.	
Climatología (visibilidad, pluviometría, heladas)	Afecta	Interrupciones de trabajo	
		Al estado del firme pues el barro y la humedad reducen la tracción de las máquinas (tradicabilidad).	
Altitud	Reduce	La potencia de las máquinas	
Organización de la obra	Afecta	Planificación	Afecta a la producción de la máquina: esperas, maniobras
		Incentivos a la producción	Número de máquinas innecesarias
Habilidad y experiencia del operador.	Reduce	La incertidumbre al momento de realizar movimientos	
	Afecta	El uso inadecuado de los equipos	
		Alto costo de reparación y mantenimiento de equipos	
		Directamente al capital del propietario del equipo	

Fuente: Galabru (2002).

Eficiencia horaria

Naturalmente una máquina no trabaja sólo una hora sino varias al día durante el período que dure la obra, que puede ser de muchos meses. Esto hay que tenerlo presente al calcular la eficiencia media, y que las condiciones y la organización pueden ir cambiando con el transcurso de la obra.

Tabla No. 12 Eficiencia horaria.

Producción óptima o de punta (Peak) Pop				Se trabaja 60' de una hora
En la práctica, producción normal Pn				Se trabaja de 45' ó 50' de la hora
Pn= 50/60 x Pop = 0.83 Pop= fh x Pop				
Eficiencia horaria (fh)				
CONDICIONES DE TRABAJO	ORGANIZACION DE OBRA			Es la relación entre los minutos trabajados y los 60' de una hora.
	BUENA	PROMEDIO	MALA	
BUENA	0.9	0.75	0.6	Los coeficientes se verán incrementados, pero en cualquier caso será difícil que alcancen valores superiores a 0,90
PROMEDIO	0.8	0.65	0.5	
MALA	0.7	0.6	0.45	
Incentivos a la producción				
INCENTIVO	ORGANIZACION	MIN HORA	Fh	En condiciones adversas de trabajo y organización, el tiempo real puede llegar solamente a ser el 50% del tiempo disponible
SI	BUENA	50	0.83	
SI	MALA	42	0.7	
NO	MALA	30	0.5	
Disponibilidad de una máquina (Availability)				
Disponibilidad = horas de trabajo/ (horas de trabajo + horas de reparaciones)				

Fuente: Galabru (2002).

Pérdida de tiempo

Las pérdidas de tiempo en los proyectos de movimiento de tierras vienen dado por causa como averías de máquinas, mantenimiento preventivo inexistente en horas recomendadas por el fabricante, aunque no se incluirán en las pérdidas por realizarse en horas no laborables, condiciones atmosféricas locales, que además de afectar a la producción de la máquina entorpecen la marcha general de la obra. En la tabla 13, se expone algunos porcentajes de pérdidas de tiempo cuando se realizan movimientos de tierra (Galabru, (2002).

Tabla No. 13 Pérdidas de tiempo.

Meteorología	9%
Maniobras	8%
Esperas	11%
Averías mecánicas	6%
Habilidad del operador	15%
Total máximo	60%

Fuente: Galabru (2002).

Ciclo de trabajo

Díaz del Río (1996), denomina ciclo de trabajo a la serie de operaciones que se repiten una y otra vez para llevar a cabo dicho trabajo. Tiempo del Ciclo será el invertido en realizar toda la serie hasta volver a la posición inicial del ciclo. En las máquinas de movimiento de tierras el tiempo de un ciclo de trabajo es el tiempo total invertido por una máquina en cargar, trasladarse y/o girar, descargar y volver a la posición inicial.

También, indica que el tiempo de un ciclo fijo es el invertido en cargar, descargar, girar y acelerar o frenar para conseguir las velocidades requeridas en cada viaje, que es relativamente constante. Mientras que el variable es el transcurrido en el acarreo y depende de la distancia, la pendiente, etc. Es importante considerar separadamente la ida y la vuelta, debido al efecto del peso de la carga (vacío a la vuelta) y la pendiente, positiva en un caso y negativa en el otro.

Galabru (2002), considera que el equipo de transporte debe ser cargado entre 3 y 6 ciclos del equipo de carga. Los puntos a tener en cuenta para seleccionar el equipo de transporte son: Recorrido, distancia, pendientes y curvas, material a transportar, producción requerida y equipo de carga disponible, por este motivo se adjuntan los ciclos de trabajo de los equipos más usados en el mercado (Anexo B).

- **Cálculo y control de costos**

El autor Galabru (2002), deduce que la producción para conseguir los $m^3/hora$ necesarios para cumplir con el movimiento de volúmenes en el tiempo necesario para los requerimientos del contratista encargado de ejecutar el proyecto, es el empleo de maquinaria buscando su utilización óptima, a fin de no desperdiciar los recursos. Por ello se tratará de encontrar la mejor relación entre rendimiento y gastos, es decir, el costo más bajo posible por unidad de material movido, tomando en cuenta los riesgos que este aporta en su ejecución. El costo

horario de una máquina puede hacerse exhaustivamente mediante la suma de varios factores. Los principales son:

- División del costo inicial entre el período de amortización que se pretende.
- Intereses del capital pendiente de amortización.
- Gastos de mantenimiento y reparaciones que se estima durante dicho período.
- Gasto en consumos de combustibles, lubricantes, neumáticos y repuestos.
- Mano de obra de los operarios, etc.

Además, indica aspectos que nos ayudara a obtener un resultado del costo en \$/hora. Hay que tener la precaución de actualizar dicho valor si el período de amortización es grande. Para un Jefe de Obra, los costos que influyen en relación con la maquinaria son:

- Mano de obra de maquinista: interviene en el costo de m³ de la unidad de obra.
- Consumo de combustible: costo de diésel/m³.
- Reparaciones por averías, y pérdidas de producción por paradas.
- Costos por transporte y desalojo en escombreras autorizadas.

La amortización contable de maquinaria es un costo que le llega de la central y que le es ajeno en su dirección de obra, pero la depreciación de la máquina, sí que depende de la forma de utilizarla y del modo de conservarla.

Tabla No. 14 Costos de operación.

Amortización	40%
Consumo diésel	13%
Mano de obra	17%
Averías y reparaciones	22%
Gastos generales	8%

Fuente: Galabru (2002).

Estos costos están contrastados con los precios de alquiler de la maquinaria, por lo que existen unos precios que se aceptan como costos horarios de mercado para los diferentes modelos de máquinas y que generalmente se dan sin combustible, con o sin operador, que se añadirá posteriormente. Una vez conocido el costo horario de la máquina y calculado el rendimiento según se explicaba en el apartado anterior, es fácil estimar el coste de producción:

$$\text{COSTO DE PRODUCCION} = \text{COSTO HORARIO} / \text{PRODUCCION}$$

En el movimiento de tierras, la fórmula más general es:

$$\text{Pts/t o m}^3 = (\text{Pts/Hora}) / (\text{t ó m}^3/\text{Hora})$$

Refiriéndose la unidad de obra, cuando se da en volumen. Pueden evaluarse los resultados con los oportunos factores, si bien con la precaución de no aplicar más de una vez el factor correspondiente a un obstáculo. Los costos de una obra se dividen en directos e indirectos.

- Son directos todas las unidades de obra subcontractadas, y aquellas que el contratista principal ejecuta con su personal.
- Indirectos, los de su propio personal de control de calidad, dirección y administración, de forma que aunque los precios de los subcontractistas sean fijos, retrasos de éstos en la ejecución repercuten en sus costes indirectos y en aquellas unidades suyas que no avanzan de forma que los costos aumentan con los retrasos.

Galabru (2002), resume, que una vez fijados unos costos y plazos, éstos quedan muy ligados entre sí. Dado que los costos fijos de una empresa son proporcionales al número de días de ejecución de una obra para disminuir éstos gastos generales hay que reducir el plazo (Galabru, 2002).

2.1.8.5 Impacto ambiental en las obras de movimiento de tierras

Lizarazo (2008), explica que las principales alteraciones geomorfológicas están provocadas por los movimientos de tierra, desmontes y terraplenes, que pueden producir en algunas zonas impactos más importantes que en otras. Las medidas preventivas corresponden al proyecto, que es donde se deben minorar las actuaciones geomorfológicas que originan la nueva carretera. Las medidas paliativas al movimiento de tierras, son la restauración vegetalizada de las superficies afectadas, la cual independientemente del efecto paisajístico tiene otro más importante, que es la contención de la erosión producida por las lluvias. La compensación de masas para conseguir unos costes reducidos, puede llevar en algunos casos a cortes del terreno demasiado fuertes, grandes trincheras o terraplenes muy altos, con el consiguiente impacto paisajístico, por eso actualmente los volúmenes de movimiento de tierras son menores, y aumenta la construcción de túneles (menores desmontes y trincheras), y viaductos (menores terraplenes).

Además, indica que el impacto ambiental repercute en la compensación de volúmenes en el sentido de que no debe ser automática el programa informático del trazado, es decir, que las tierras de un desmonte vayan a la sección más próxima del terraplén, sin analizar el valor ocupacional en función del valor del terreno ocupado, pudiendo ser más necesario ecológicamente llevarlos a vertedero. Esto quiere decir, que en principio hay que modificar el terreno lo menos posible, porque siempre se pueden encontrar préstamos que su extracción no cause impacto.

Alteraciones temporales durante la fase de obra

La protección hidrológica constituye quizás la parte principal de las medidas correctoras, porque una alteración correspondiente puede llegar más lejos que las restantes, al estar más desfasada en el tiempo. La degradación de las aguas afecta seriamente a la fauna acuática, anfibia e ictícola. En la construcción de las pilas de los puentes se acentúa también la contaminación con

la construcción de islotes y desvíos, que alteran el hábitat de la fauna local ictícola, obligándola a desplazarse a otros lugares, lo cual aboca en la desaparición de algunas de ellas, y sugiere programar dichas construcciones fuera de las épocas reproductoras (Peters,2010).

2.1.8.6 Seguridad laboral en movimientos de tierra

Según la revista Prevención de Riesgos Laborales PRL (2011), manifiesta que la importancia de la seguridad laboral se caracteriza de la siguiente forma:

“La seguridad en el trabajo como factor social es importantísima, y como factor de rentabilidad es sin duda un aspecto sumamente relevante a tener en cuenta y en mente por parte del accionista o empresario. Sin embargo, se le minimiza pensando tal vez que los riesgos de accidentes son muy pocos y que otros aspectos son prioritarios, tales como los ingresos, las ventas, la compra de materia prima, etc.”

Cortes (2007), identifica que genera influencia benéfica en las personas y ambiente con lo cual sus resultados son:

- Evitar la lesión y muerte por accidente. Cuando ocurren accidentes hay una pérdida de potencial humano y con ello una disminución de la productividad.
- Reducir los costos operativos de producción. De esta manera se incide en la minimización de costos y la maximización de beneficios.
- Mejorar la imagen de la empresa y, por ende, la seguridad del trabajador que así da un mayor rendimiento en el trabajo.
- Contar con un sistema estadístico que permita detectar el avance o disminución de los accidentes y las causas de los mismos.

SECAP, (2012) manifiesta que la seguridad laboral se define como “un conjunto de normas y procedimientos para crear un ambiente seguro de trabajo, a fin de evitar pérdidas personales y/o materiales”.

2.1.8.7 Fundamentación legal.

Una revisión a la legislación existente en el Ecuador permite establecer e identificar las principales leyes y reglamentos que fundamentan el establecimiento de un Sistema de Gestión y Seguridad Ocupacional en las instituciones y con ello establecer como una de sus políticas de actuación la prevención de riesgos laborales, un resumen de la base legal existente se indica a continuación:

- **Construcción y obras públicas**

De acuerdo con lo dispuesto en los Arts. 7 y 24 de la ley de ejercicio profesional de la Ingeniería Civil (2012), el contratista deberá asignar por escrito mediante comunicación dirigida a la fiscalización del proyecto, a un representante técnico a cada frente de obra, el representante será instruido con las directrices y/o instrucciones referentes a la obra. Y

En la ley de ejercicio profesional de la Ingeniería Civil (2012), aborda en sus diferentes capítulos y en forma pormenorizada, la prevención de los riesgos profesionales específicos en los trabajos de construcción, como: trabajos en altura (Cap. II); excavaciones (Cap. III); cimentaciones (Cap. IV); maquinaria pesada de obra (Cap. V); aparatos de elevación (Cap. VI); instalaciones eléctricas temporales de obra (Cap. VII); señalización de seguridad en obra (Cap. VIII); etc.

- **Constitución Política de 2008**

El establecimiento de políticas nacionales en materia de seguridad y salud en el trabajo se intensifica a partir de 1986, y la misma se mantiene con la aprobación de la Nueva Constitución Política de 2008, misma que contiene las bases legales de la seguridad y salud en el trabajo en el país, tal como muestran los artículos de la Constitución (Título III, Cap. IV, Secciones IV y VI, relativas a los derechos, a la salud y a la seguridad social, respectivamente) que se transcriben a continuación:

Art. 32.- “El Estado garantizará el derecho a la salud mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva; el derecho a la salud se rige por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, y enfoque de género y generacional.”

- **Trabajo y seguridad social**

Art. 34.- El Estado garantizará a las personas trabajadoras el pleno respeto a su dignidad, una vida decorosa, remuneraciones y retribuciones justas y el desempeño de un trabajo saludable y libremente escogido o aceptado.

Art. 35.- El derecho a la seguridad social es un derecho irrenunciable de todas las personas, y será deber y responsabilidad primordial del Estado.

La seguridad social se rige por los principios de solidaridad, obligatoriedad, universalidad, equidad, eficiencia, subsidiaridad, suficiencia, transparencia y participación, para la atención de las necesidades individuales y colectivas. El Estado garantizará y hará efectivo el ejercicio pleno del derecho a la seguridad social, que incluye a las personas que realizan trabajo no remunerado en los hogares, actividades para el auto sustento en el campo, toda forma de trabajo autónomo y a quienes se encuentran en situación de desempleo.” (Constitución política del Ecuador, 2008).

- **Reglamento de seguridad, salud de los trabajadores y mejoramiento del medioambiente de trabajo**

Aprobado el 17 de noviembre de 1986, este reglamento crea el Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, CISHT, encargado de coordinar las acciones de todos los organismos del sector público con atribuciones en materia de prevención de riesgos del trabajo.

El reglamento determina también las obligaciones de los empleadores (Art. 11) y de los trabajadores (Art. 13). Se establece que en todo centro de trabajo en que laboren más de quince trabajadores deberá organizarse un Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, integrado de forma paritaria (Art. 14).

El título II trata de las condiciones generales de los centros de trabajo; y el título VII se refiere a los incentivos, responsabilidades y sanciones, estableciendo ciertas prohibiciones para los empleadores

(Art. 187) y para los trabajadores (Art. 188). Durante los 25 años en que ha estado vigente este reglamento, su impacto en el desarrollo de la seguridad y salud en el trabajo en el país ha sido bastante limitado, entre otras razones, por la escasa decisión política de los sucesivos gobiernos del país por hacerlo cumplir. (Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores en el Ecuador, 2011).

- **Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos (MTRH)**

El Código de Trabajo establece como una de las funciones de los Inspectores de Trabajo del MTRH (Art. 553) la de cuidar que en todos los centros de trabajo se observen las disposiciones sobre seguridad y salud en el trabajo contenidas en el propio Código de Trabajo, y en los respectivos reglamentos.

El Código de Trabajo establece, como una de las funciones del Departamento de Seguridad e Higiene de Trabajo del MTRH (Art. 554), la vigilancia de las fábricas, talleres y más locales de trabajo, para exigir el cumplimiento de las prescripciones sobre prevención de riesgos y medidas de seguridad e higiene en el trabajo.

- **Instituto Ecuatoriano de la Seguridad Social (IESS)**

El programa de seguridad y salud en el trabajo, de la División de Riesgos de Trabajo (DRT) del IESS, fue creado en 1975 con el apoyo técnico de la OIT,

por medio del cual se formaron en el exterior 23 profesionales, en distintas especialidades de la seguridad y salud en el trabajo.

Paralelamente, el 29 de septiembre de 1975, mediante la Resolución 172 se aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, del IESS. Por lo que se refiere al sector de la construcción, el IESS desarrolló un Plan de actuación para el sector de la construcción, mismo que recibió el apoyo técnico de la OIT en 1983, sin embargo este Plan no ha sido implementado de manera efectiva en el sector de la construcción.

- **Código del trabajo**

Art. 5.- Son derechos fundamentales. Sin perjuicio de los derechos garantizados en la Constitución de la República y en los instrumentos internacionales, son derechos fundamentales los siguientes:

Derecho al trabajo: “todos los habitantes del Ecuador tienen derecho y obligación de trabajar: Este derecho comprende el derecho a ganarse la vida mediante un trabajo libremente escogido o aceptado, formación y orientación técnico profesional, seguridad e higiene en el trabajo, remuneración que asegure existencia decorosa para la persona y familia del trabajador, iguales oportunidades para ser promovido sin más consideración que la competencia y capacidad para el trabajo, limitación de la jornada de trabajo, descansos, vacaciones y libre disposición del tiempo de descanso y vacaciones.” (*num.1, art.5, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador*)

Art. 9.- La Protección del trabajador o trabajadora.- Los funcionarios judiciales y administrativos están obligados a prestar a los trabajadores o trabajadoras, oportuna y debida protección para garantía y eficacia de sus derechos.

Art. 35.- Obligaciones del empleador o empresario.- Son obligaciones del empleador o empresario “Instalar las fábricas, talleres, oficinas y demás

lugares de trabajo según las disposiciones legales y reglamentarias, las medidas de prevención, seguridad e higiene del trabajo ordenadas por las autoridades competentes, y con especiales facilidades para el acceso y desplazamiento de las personas con discapacidad.” (num.5, art.35, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador)

Art. 38.- Prohibiciones al trabajador.- Es prohibido al trabajador, poner en peligro su propia seguridad, la de sus compañeros de trabajo, o las otras personas; así como la del establecimiento, talleres y lugares de trabajo. (num.1, art.38, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador)

Art. 139.- Causas de terminación por voluntad del empleador.- Son causas justificadas de terminación del contrato de trabajo por el empleador, previo visto bueno:

No acatar las medidas de seguridad industrial y salud ocupacional exigidas por la ley o por los reglamentos legalmente aprobados siempre que se les haya informado y capacitado para el efecto. (num.7, art.139, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador)

Art. 150.- Obligaciones de los centros o lugares de trabajo. Todos las oficinas, talleres, fábricas y, en general, centros o lugares de trabajo deberán contar con la aprobación de los planos de construcción, instalación, equipamiento y habilitación del departamento de seguridad industrial y salud ocupacional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social -IESS.

“Que los trabajadores y trabajadoras tengan vestidos e implementos defensivos adecuados para protegerse de los riesgos propios de la clase de trabajo que realizan, del lugar en que laboran, de los materiales, máquinas y herramientas que utilizan.” (num.2, art.150, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador)

Art. 151.- Reglamento de seguridad industrial y salud ocupacional. El departamento de seguridad industrial y salud ocupacional expedirá el reglamento sobre esta materia en el trabajo en el que constarán las reglas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo de las distintas ramas de la producción, pérdida de la vista o del oído y, en general, toda lesión corporal o perturbación funcional, afecciones agudas o crónicas que producen incapacidad para el trabajo.

Art. 153.- Obligaciones del empleador frente a los riesgos.- “El empresario o empleador es responsable de los riesgos del trabajo de los trabajadores y trabajadoras que laboran por su cuenta o a su orden.” (*num.1, art.153, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador*)

“El empleador estará obligado a tomar todas las medidas de seguridad industrial y salud ocupacional y de informar a los trabajadores y trabajadoras, de los posibles riesgos laborales y capacitarles para el oportuno y buen uso de estas medida y deberá también proveerles de los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.” (*num.2, art.153, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador*)

“El empresario o empleador quedará exento de la obligación de reparar los perjuicios derivados de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de sus trabajadores y trabajadoras mediante la afiliación de éstos al IESS y el pago de las aportaciones que para el efecto fije el órgano competente del IESS.” (*num.3, art.153, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador*)

Art. 155.- Prevención de riesgos.- “En todo lugar de trabajo, incluidos los talleres artesanales, el empresario o empleador o quien lo representa, deberá tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales, estas medidas deberán estar basadas en los reglamentos y directivas sobre seguridad industrial y salud ocupacional que imparta el IESS.” (*num.1, art.155, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador*)

“Para tal fin, los empresarios o empleadores adoptarán todas las medidas que recomiende la técnica para cumplir los reglamentos y directivas de que habla el numeral anterior que contemplarán al menos las siguientes acciones:”

2.1.- Asignación de recursos y contratación de responsables.

2.2.- Identificación y evaluación de riesgos laborales y la forma cómo eliminarlos, reducirlos o controlarlos;

2.3.- Vigilancia de la salud en función de la exposición a factores de riesgos, investigación y análisis de los problemas de salud de carácter laboral;

2.4.- Formación e información a los trabajadores y trabajadoras sobre los riesgos de los puestos de trabajo y su prevención;

2.5.- Fomento y adaptación ergonómica del trabajo a las capacidades de los trabajadores y trabajadoras.

(num.2, art.155, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador)

Art.162.- Plan mínimo de prevención de riesgos.- Las empresas o centros de trabajo con número inferior a veinticinco trabajadores, sobre la base de su examen inicial y ajustado a los factores de riesgo propios de sus procesos, formularán y ejecutarán un Plan Mínimo de Prevención de Riesgos, el cual estará a disposición de sus trabajadores y las autoridades competentes y de las usuarias de los servicios de esas empresas, si fuere el caso.

Art. 391.- Son facultades de los Inspectores del Trabajo.- “Velar y exigir el cumplimiento de las normas constitucionales, de los instrumentos internacionales, especialmente de los convenios de la OIT, así como las legales, reglamentarias, del contrato colectivo de trabajo y de cualesquiera otras fuentes del Derecho ecuatoriano del trabajo, tales como las relativas a las condiciones de trabajo y a la protección de los trabajadores, las jornadas de trabajo, remuneraciones, seguridad social, seguridad industrial y salud ocupacional, empleo de menores, mujeres y personas con discapacidad, derecho o libertad sindical y, en general, las demás normas laborales.” *(num.1, art.391, Código de Trabajo, 09/2012, de 16 de Diciembre, Ecuador)*

2.2 Marco Conceptual

- **Riesgo.-** Posibilidad potencial de un daño.
- **Peligro.-** Situación latente con riesgo potencial dañino.
- **Prevención.-** Preparar con antelación lo necesario para un fin, anticiparse a una dificultad, prever el daño.
- **Mitigar.-** Atenuar o suavizar una cosa u evento negativo.
- **Acción correctora.-** Acción adoptada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación no deseable en una organización.
- **Acción preventiva.-** Acción adoptada para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable.
- **Actividad.-** Es una suma de tareas. Pueden agruparse en un procedimiento para facilitar su gestión. La secuencia ordenada de actividades da como resultado un subproceso o un proceso. Normalmente se desarrolla en un departamento o función.
- **Autoevaluación.-** Auto apreciación de los niveles de cumplimiento de la norma de calidad de referencia en una organización. La autoevaluación es un diagnóstico de la organización que se realiza en las primeras fases de implantación de una norma de calidad.
- **Buena práctica.-** Toda práctica que se orienta a la mejora de la calidad de vida, ya sea de forma directa en la relación con los clientes, o de manera indirecta en la creación de las condiciones y del ambiente adecuado para que se puedan dar una fructífera relación y los apoyos directos que precisen cada uno de los clientes.

- **Dirigir.-** Es el proceso que consiste en llevar a la organización a avanzar hacia la visión de futuro y cumplir la misión, asegurando que todas las partes actúen integrada y coordinadamente, optimizando las capacidades y recursos.
- **Eficiencia.-** Relación entre los resultados alcanzados y los recursos utilizados.
- **Muestreo.-** Selección de un conjunto de personas que se consideran representativos para determinar características necesarias.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Nivel de estudio

En el proceso de recopilación de información se busca investigar las características de las áreas en donde se realizara los movimientos de tierra, se ha identificado que el tipo de investigación será de tipo descriptivo-analítico ya que se procederá a detallar y analizar cada uno de los riesgos generados ya sean estos económicos, sociales, incapacidades permanentes y muerte, con el fin de obtener información para la toma de decisiones en todas las fases del proyecto.

3.2 Modalidad de análisis

La modalidad que tomara el desarrollo del presente estudio que busca la recopilación de información primaria con el fin de realizar un análisis sistemático de la realidad actual lo cual servirá para poder delinear una propuesta que permita el prevenir los impactos generados en movimientos de tierra.

3.3 Identificación de la población

Para el diseño de este Manual, la población a la que nos dirigiremos serán Ingenieros Civiles, Arquitectos, Operadores de maquinaria, Choferes, Maestros de obra, Albañiles y personas que ofrecen servicios de movimientos de tierra y renta de equipo caminero. Que presentan su experiencia en proyectos de movimientos de tierra.

3.4 Población y muestra

El tamaño de la muestra se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N z^2 \alpha/2 P (1 - P)}{(N - 1) e^2 + z^2 \alpha/2 P (1 - P)}$$

Componentes.

n corresponde al tamaño de población que ha sido determinado y es de 8.288 personas del sector de la construcción siendo estos ingenieros, operadores de maquinaria, choferes, maestros de obra o personas naturales que se dedican a la renta y servicios de movimiento de tierra (INEC, 2014).

Valor de $Z_{\alpha/2}$: Representa el número de desviaciones estándar con respecto a la media para un nivel de confianza determinado presentado en la tabla de niveles de confianza (ANEXO D). Para este caso se seleccionará un nivel de confianza de estudio del 95%. De acuerdo a este nivel de confianza el valor de Z será igual a 1.96.

Valor de P: Dado que no se tiene la proporción de aceptación de la población o un estudio previo, se asumirá un valor de P de 0,5 con el cual será posible obtener una muestra mayor y por tanto un trabajo más representativo.

Valor del E: E representa el error permisible para el estudio, en este caso se considerará aceptable hasta un 5%, con lo cual el valor de E en proporción para el caso es: 0.05

De esta manera se obtiene el tamaño de la muestra necesaria para obtener una muestra significativa de la población y poder obtener un estudio con un 95% de confianza y un posible error porcentual máximo de +/- 5%.

Cálculo del tamaño de muestra.

$$n = \frac{8.288 (1,96)^2 0,5(1 - 0,5)}{(8.288)0,05^2 + 1.96^2 (0,5)(1 - 0,5)} \quad n = 367 \approx 367 \text{ encuestas}$$

3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

En la recolección de datos, teorías, modelos información interna para el desarrollo del estudio se utilizara técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos los cuales son:

- **Revisión Documental.-** Este proceso se caracteriza por la recopilación, revisión, de información relacionada sobre la planificación, administración de actividades relacionadas al desarrollo de movimientos de tierra, seguridad y manejo de riesgos de trabajo el cual se aplicara en el desarrollo de una propuesta de manual de prevención de riesgos y disminución de las cifras en el área de la construcción.
- **Entrevista.-** Esta técnica se aplicara a los responsables de administrar y ejecutar las obras del área de la construcción, movimiento de tierras, excavaciones para casas, edificios, puentes en la ciudad de Quito, con el fin de identificar su perspectiva hacia la situación actual sobre la prevención y manejo de los riesgos en el trabajo.
- **Cuestionario.-** Esta técnica se aplicara a los trabajadores del área de la construcción, en la ciudad de Quito, para la obtención de información que permita poder definir un escenario real de la situación actual para la toma de decisiones.

3.6 Procesamiento de datos

- **Selección de instrumentos de Investigación**

Para el desarrollo del estudio de diagnóstico se ha identificado que los instrumentos a emplearse son:

Encuesta.- Este instrumento se aplica a los trabajadores que laboran en la construcción de obras civiles con el fin de poder identificar su nivel de conocimiento hacia los factores de riesgo y su percepción al manejo de las medidas de mitigación en el sector de la construcción de las obras civiles.

Entrevista.- De igual forma este instrumento se aplicara a los responsables a cargo de la ejecución de este tipo de actividades, así como la ejecución de las obras para la identificación de percepción hacia el manejo de los

riesgos en el desarrollo de las actividades de movimiento de tierras y la aplicación de las normativas y prácticas de prevención.

- **Procesamiento de datos**

Después de la obtención de la información con el uso de las fuentes primarias, instrumentos sobre la situación actual de la prevención y manejo de los riesgos de accidentes en el área de la construcción, movimiento de tierras, se procederá al tratamiento de la información con la cual se diseñara un informe de investigación interna, el cual estará conformado por los resultados de la investigación expresados en tablas y gráficos los cuales se elaboraran tomando en cuenta los objetivos de la investigación.

- **Validez y Confiabilidad de los Instrumentos**

Se verificará y usara la información proporcionada por los diferentes libros mencionados en esta bibliografía, siendo estos proveedores de excelente información necesaria para desarrollar los instrumentos que van a utilizarse, así como de los niveles de aceptación requeridos para mitigar los riesgos que se identifiquen para realizar movimientos de tierra.

3.7 Análisis para Gestión de Riesgos.

Para determinar nuestro estudio de gestión de riesgos utilizaremos los siguientes enfoques:

- **Análisis con checklist.-** Este es un método que se basa en la experiencia de los ejecutores del proyecto. Consiste en ir confirmando los riesgos de una lista previamente elaborada en base a las inspecciones en cualquiera de sus fases.
- **Análisis con árbol de fallos.-** Son diagramas usados para analizar una relación simple o combinada, posterior al suceso negativo que puede

presentarse. Asignando probabilidades a los eventos y estructurar los sucesos que se nos puede presentar. El árbol de fallo nace desde el suceso que ha sido analizado y desciende hasta llegar a los diferentes problemas a lo largo del proyecto.

- **Análisis con árbol de decisión.-** Este análisis nos sirve para determinar la mejor decisión, basada en la información que se dispone acerca del proyecto. Este tipo de análisis al igual que el de eventos va de izquierda a derecha. Esta es una herramienta que nos permite obtener un análisis cuantitativo, porque nos permite desarrollar en forma secuencial desde el suceso inicial hasta el estado final por medio de ramificaciones que contienen probabilidades asignadas con el fin de analizar el coste/beneficio del proyecto para determinar medidas correctoras.

CAPÍTULO IV

4. RECOPIACION E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Por medio de nuestro modelo de cuestionario podemos identificar la situación actual de los riesgos expuestos cuando se realizan movimientos de tierra, para determinar la información necesaria para procesar nuestro manual, fue necesario determinar el número de muestras, que se presenta a continuación:

a. ¿Con que frecuencia realiza actividades relacionadas al movimiento de tierras, como los que se muestra a continuación usando personal calificado o equipo caminero?

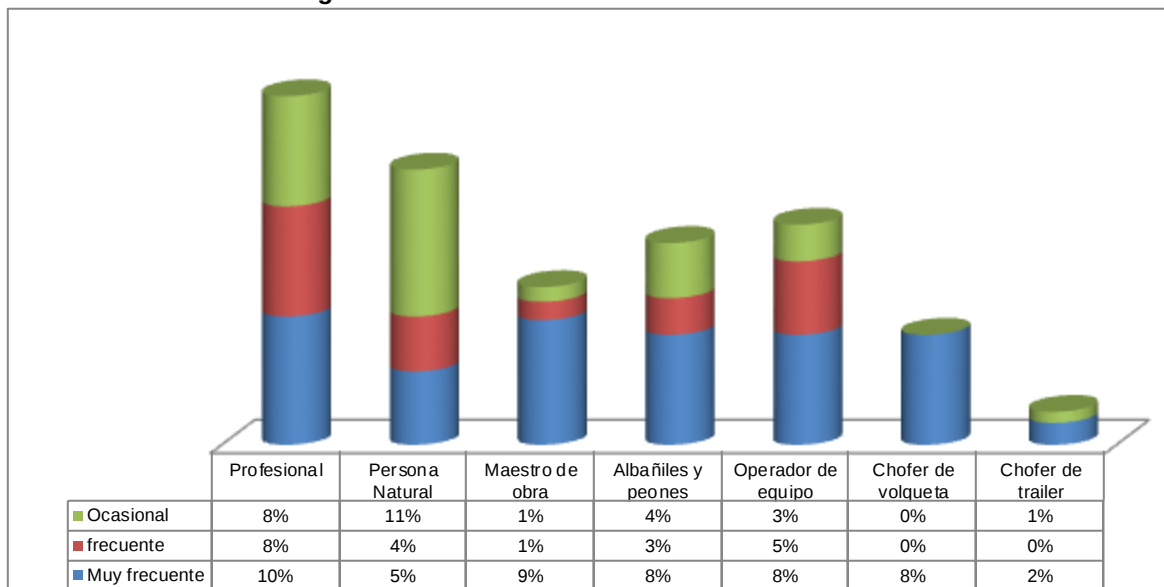
Actividades
Replanteo y nivelación con equipo topográfico
Limpieza manual del terreno
Desbanque manual
Excavación manual en cimientos y plintos
Excavación. h=3 a 4m. a máquina(retroexcavadora)
Excavación. h=4 a 6m. a máquina (retroexcavadora)
Excavación > 6m a máquina (retroexcavadora)
Excavación en roca sin explosivos, equipo: martillo neumático y compresor
Excavación en fango. equipo: retroexcavadora y bomba de agua
Excavación de zanjas a máquina. equipo: retroexcavadora
Relleno compactado con material de mejoramiento: lastre y plancha compactadora
Relleno compactado con suelo natural
Corte neto. equipo: motoniveladora
Desalojo a máquina. equipo: cargadora frontal y volqueta
Desalojo a máquina equipo: volqueta
Derrocamiento a mano de estructura existente
Rotura de pavimento a mano
Entibado con tablero

Tabla No. 15 Frecuencia de actividades.

ACTIVIDADES	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
Muy frecuente	35	20	34	30	30	30	6
Frecuente	30	15	5	10	20		
Ocasional	30	40	4	15	10		3
TOTAL	95	75	43	55	60	30	9

Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuesta

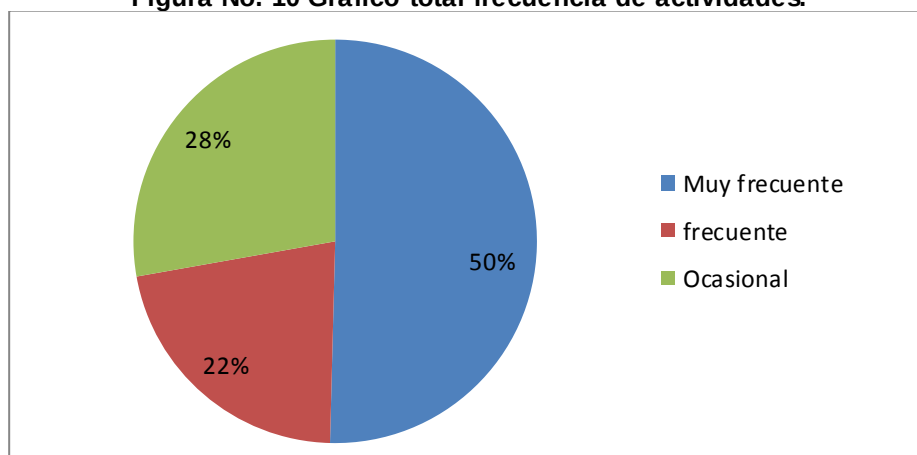
Figura No. 9 Gráfico frecuencia de actividades.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.15

Figura No. 10 Gráfico total frecuencia de actividades.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.15

Podemos determinar que del tamaño total de la muestra, el 50% de personas directa o indirectamente realiza actividades relacionadas al movimiento de tierras, evidenciando que las personas naturales choferes que realizan transporte de equipos no están en contacto directo cuando se realizan operaciones de movimiento de tierras ya que realizan renta de equipos exponiendo los riesgos a sus empleados, al igual que los choferes de tráiler que realizan transportes de equipos del campamento donde se encuentra situado el equipo al campamento del proyecto.

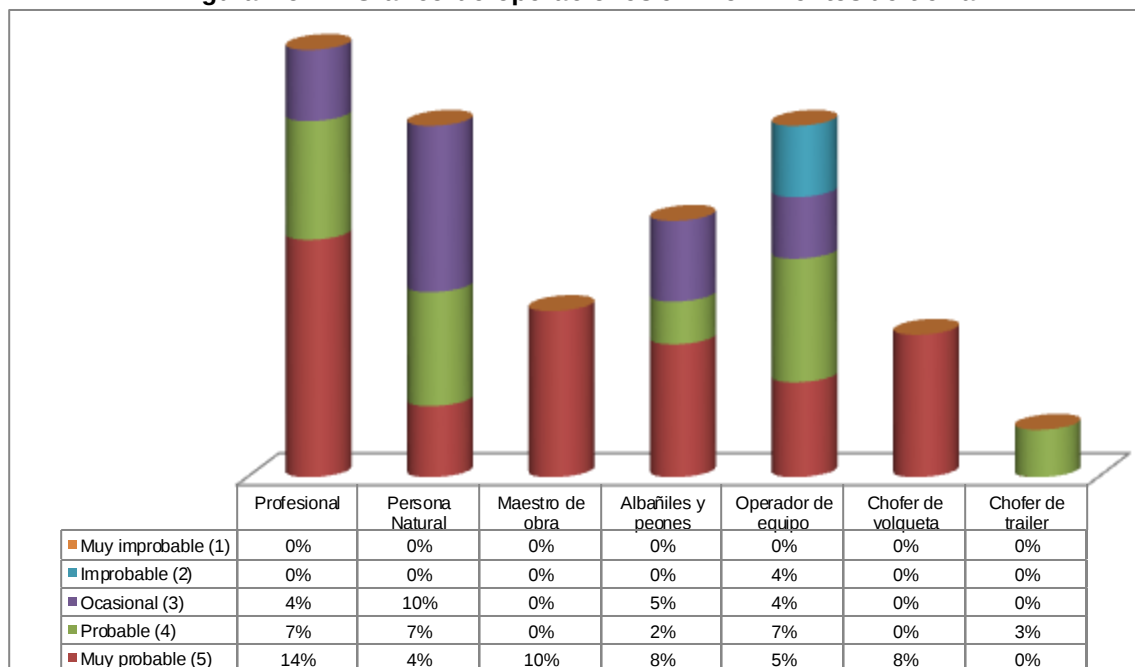
- b. ¿Cuándo realiza excavaciones a cielo abierto o alquiler de equipos, considera usted el tipo de actividad a ejecutarse como demolición, limpieza, desbroce de vegetación, excavación en zanja, excavación en pozo, vaciado, terraplenes y pedraplenes con o sin uso de voladuras?

Tabla No. 16 Operaciones en movimientos de tierra.

TIPO DE ACTIVIDAD	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
Muy probable (5)	50	15	35	28	20	30	
Probable (4)	25	24		9	26		10
Ocasional (3)	15	35		17	13		
Improbable (2)					15		
Muy improbable (1)							
TOTAL	90	74	35	54	74	30	10

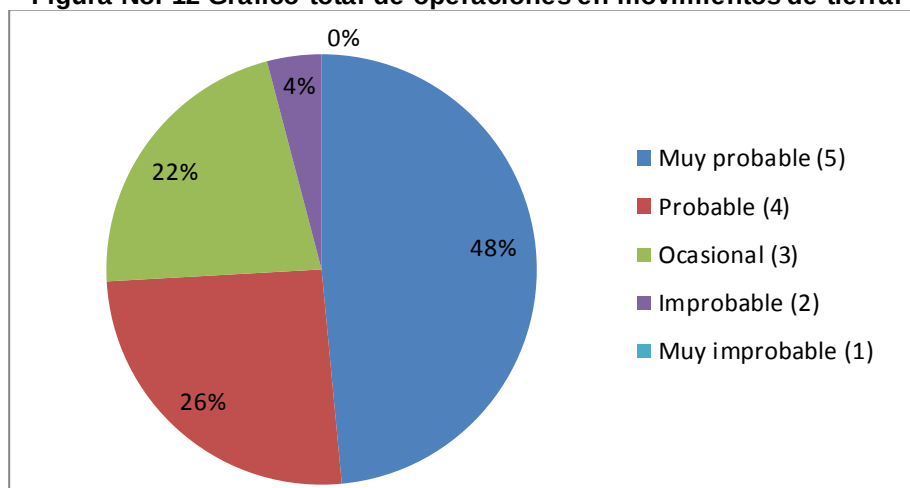
Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

Figura No. 11 Gráfico de operaciones en movimientos de tierra.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.16

Figura No. 12 Gráfico total de operaciones en movimientos de tierra.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.16

Esta tabla nos indica, que las personas que se dedican a realizar movimientos de tierra o renta de equipos, en su gran mayoría siendo este el 48% de la muestra es muy probable que consideren el tipo de operación que esté por realizar en el proyecto que le soliciten o el fin con el cual los equipos fueron rentados. El problema mayor se traslada hasta los maestros de obra, peones, operadores de equipos y choferes, que están expuestos en forma directa con el movimiento de tierras.

- c. ¿Para determinar los costos en movimientos de tierra, toma en cuenta la documentación del proyecto como permisos, estudios de suelos, topografía, volúmenes, uso adecuado de equipos, transporte, ubicación del proyecto, escombreras permitidas?**

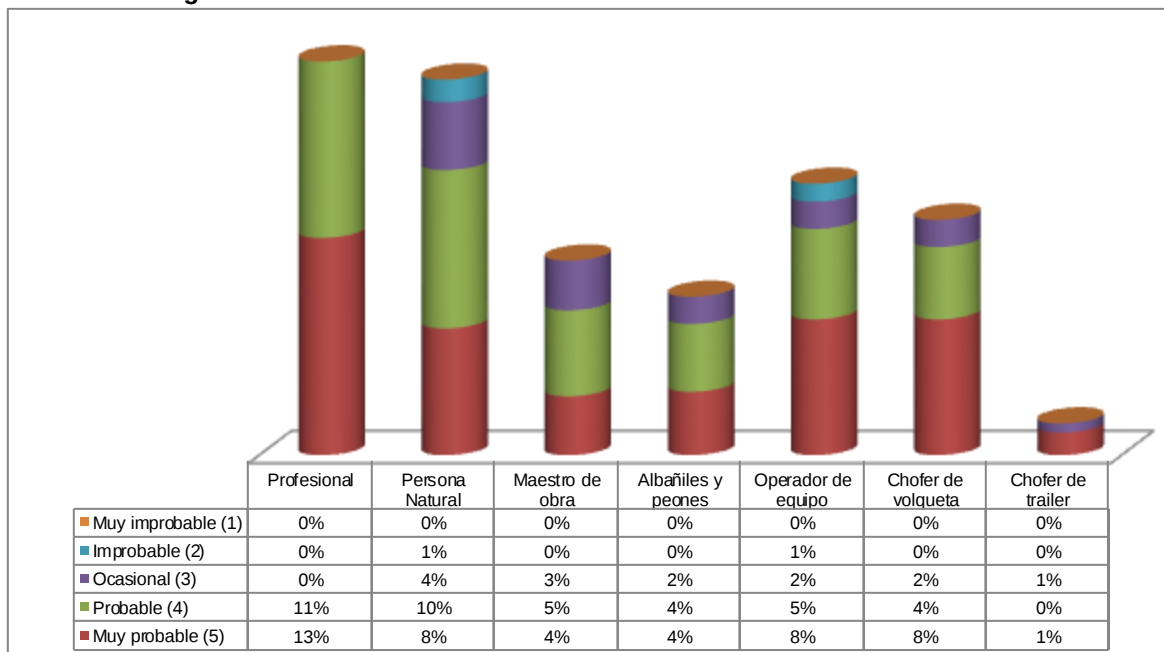
Tabla No. 17 Costo tomando en cuenta consideraciones de documentación del movimiento de tierra.

COSTO	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
Muy probable (5)	48	28	13	14	30	30	5
Probable (4)	39	35	19	15	20	16	
Ocasional (3)		15	11	6	6	6	2
Improbable (2)		5			4		

Muy improbable (1)							
TOTAL	87	83	43	35	60	52	7

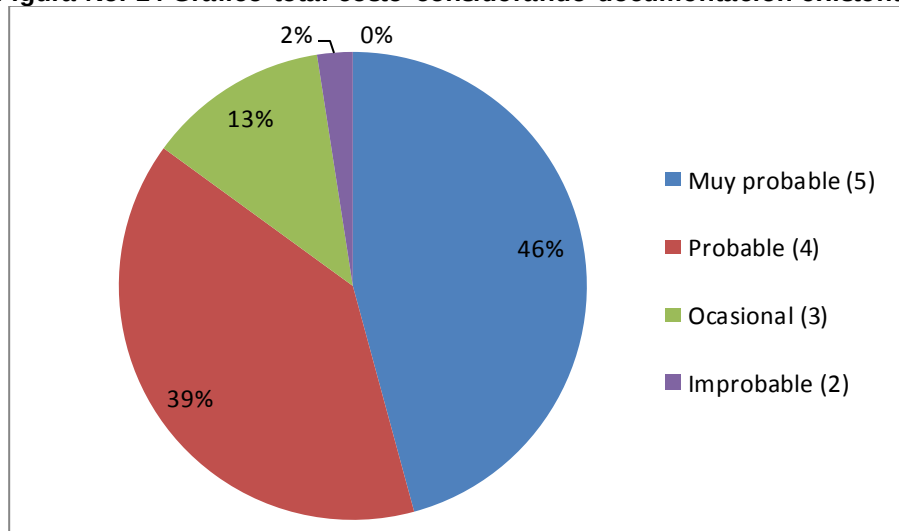
Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

Figura No. 13 Gráfico costo considerando documentación existente.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.17

Figura No. 14 Gráfico total costo considerando documentación existente.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.17

Se puede notar que el 46% de los encuestados es muy probable que determine los costos revisando los documentos del terreno, como probable evaluó el 39%, ocasionalmente solicitan el 13% los documentos previos para la realización de movimientos de tierra, siendo los maestro de obra, albañiles, personas naturales las muestras que no solicitan documentación para realizar trabajos en los predios.

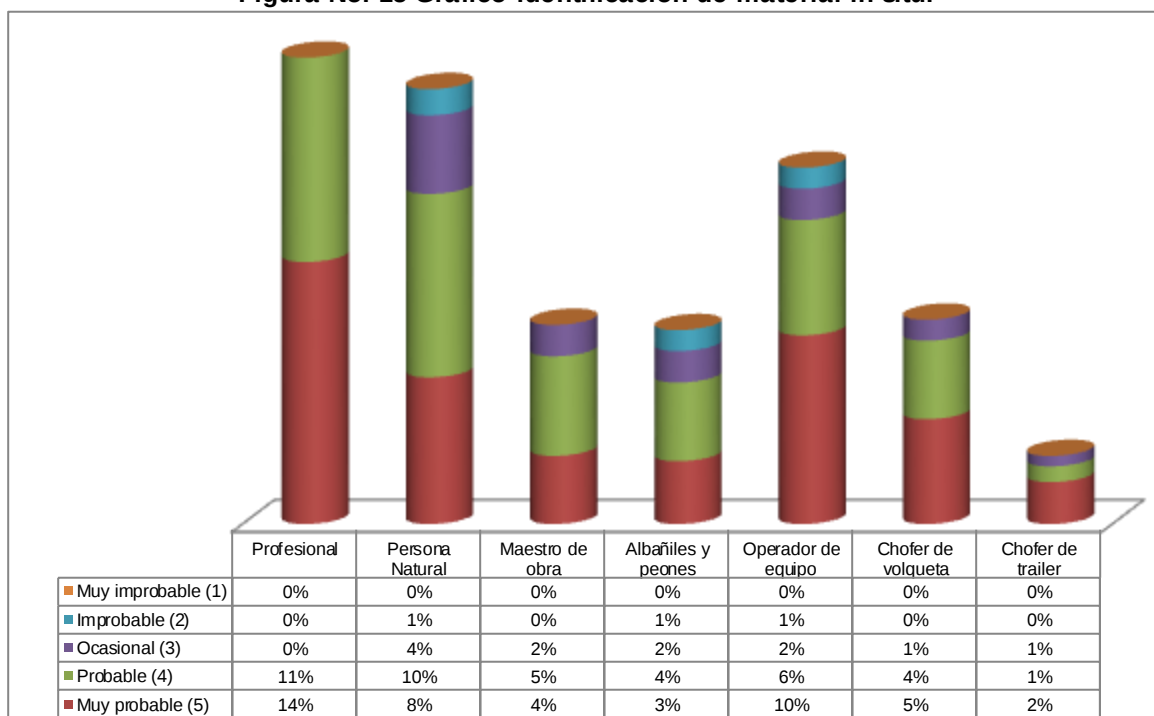
- d. **¿Cuándo le solicitan realizar excavaciones, transportes de materiales o equipos, identifica usted el tipo de material in situ en donde se pretende ejecutar las acciones para disminuir los riesgos que pueden producir al equipos y al personal?**

Tabla No. 18 Identificación del material in situ.

MATERIAL	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
Muy probable (5)	50	28	13	14	30	30	8
Probable (4)	39	35	19	15	20	16	
Ocasional (3)		15	6	6	6	6	2
Improbable (2)		5			4		
Muy improbable (1)							
TOTAL	89	83	38	35	60	52	10

Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

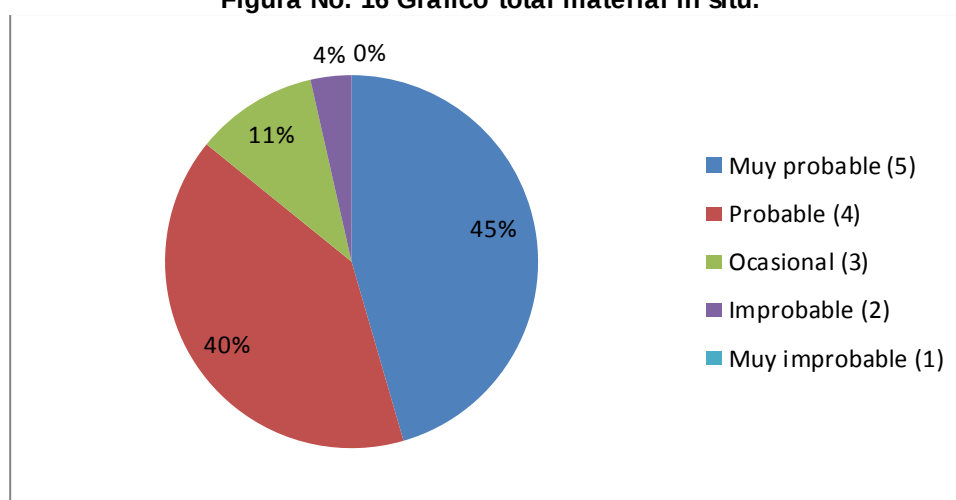
Figura No. 15 Gráfico identificación de material in situ.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.18

Figura No. 16 Gráfico total material in situ.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.18

De esta evaluación podemos determinar, que 47% es muy probable que identifique el tipo de suelo y sus propiedades para realizar operaciones de movimiento de tierra, predomina la incertidumbre. La afectación más evidente es la mostrada por personas naturales en general mano de obra no calificada.

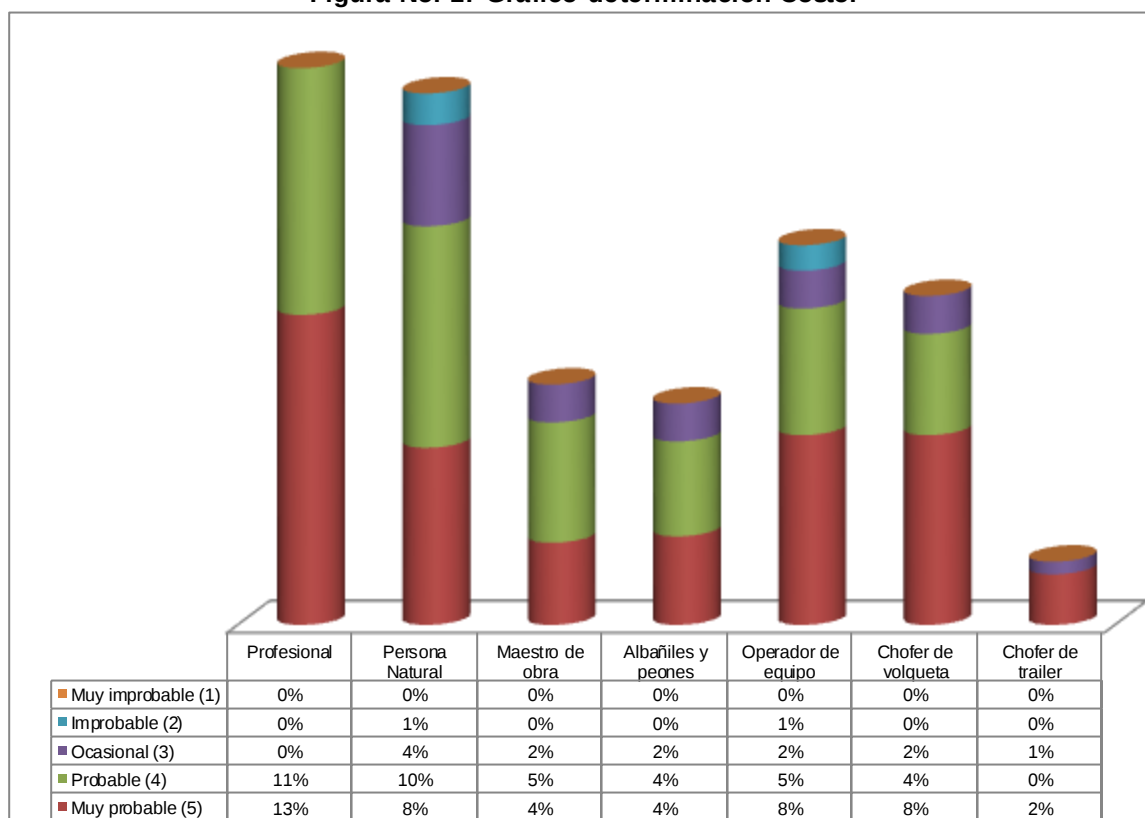
- e. ¿En calidad de contratista, al momento de definir el costo por m³ de excavación con desalojo o el m³/km de transporte de pétreos, considera el costo?

Tabla No. 19 Determinación Costo.

COSTO / BENEFICIO	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
Muy probable (5)	49	28	13	14	30	30	8
Probable (4)	39	35	19	15	20	16	
Ocasional (3)		16	6	6	6	6	2
Improbable (2)		5			4		
Muy improbable (1)							
TOTAL	88	84	38	35	60	52	10

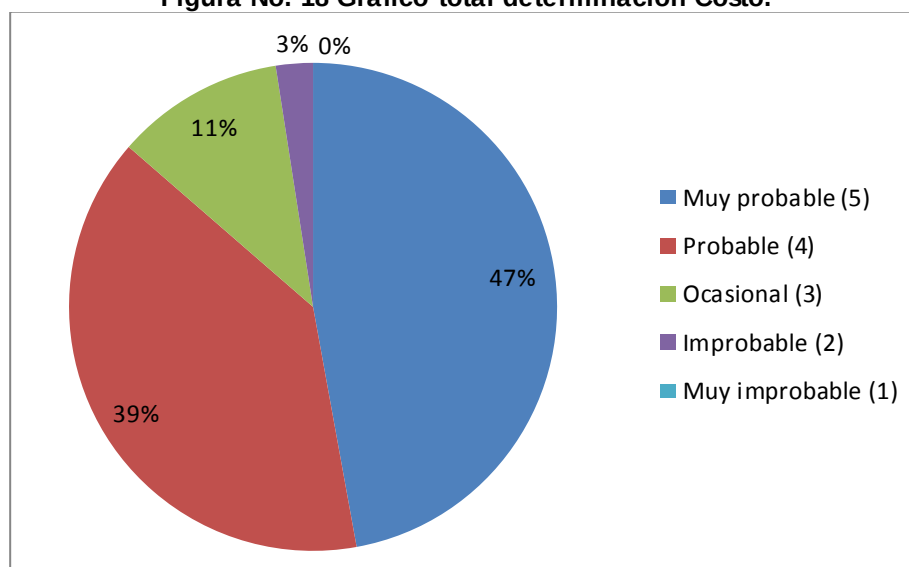
Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

Figura No. 17 Gráfico determinación Costo.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.19

Figura No. 18 Gráfico total determinación Costo.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.19

El 47% de la muestra considera que es muy probable la definición del beneficio/costo de la operación de los movimientos de tierra. Evidenciando que las personas naturales que realizan este tipo de actividades al igual que la mano de obra consideran que probable, ocasional e improbablemente realizan este análisis.

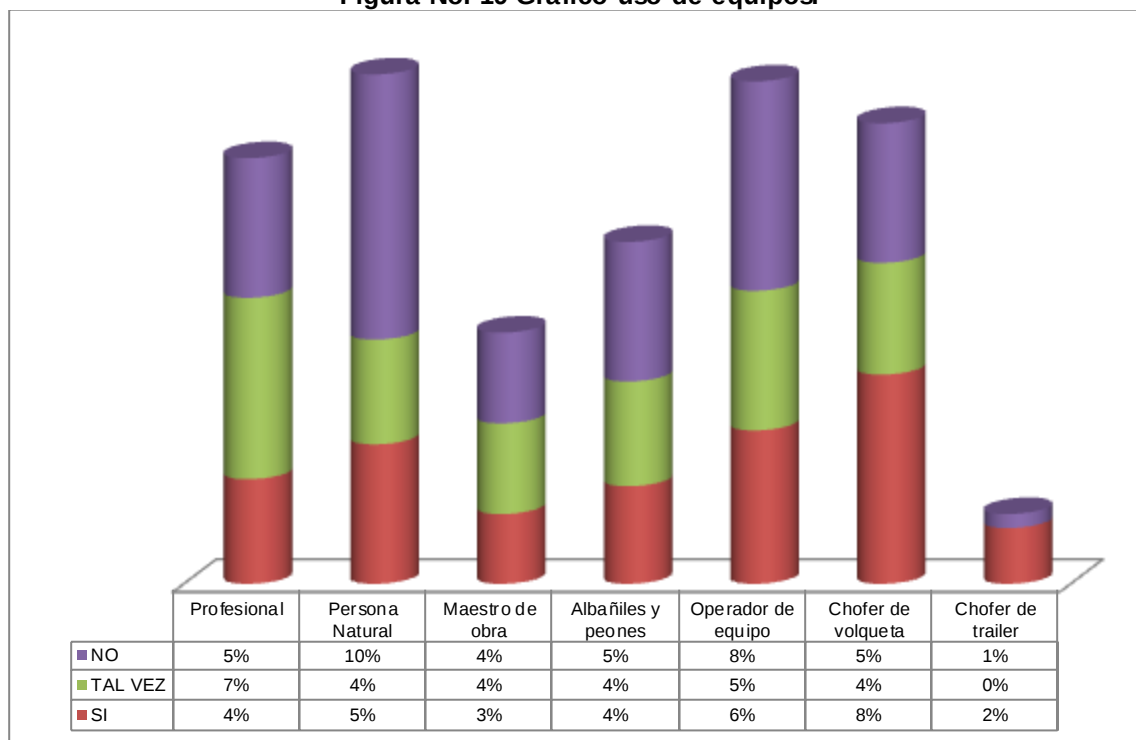
f. ¿El tipo y número de equipos que usa para realizar movimientos de tierra es el adecuado para ejecutar proyectos de ingeniería civil?

Tabla No. 20 Uso de equipos.

EQUIPO	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
SI	15	20	10	14	22	30	8
TAL VEZ	26	15	13	15	20	16	
NO	20	38	13	20	30	20	2
TOTAL	61	73	36	49	72	66	10

Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

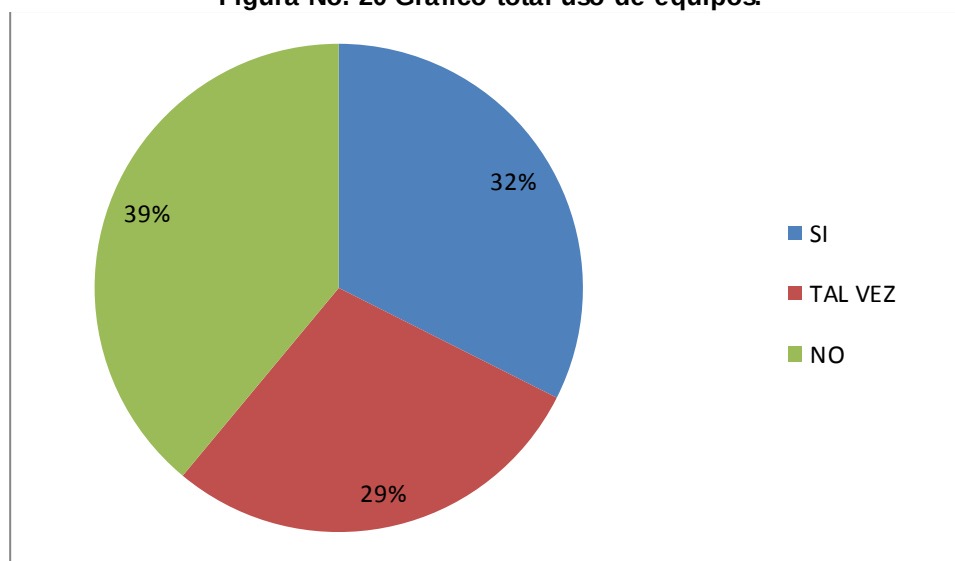
Figura No. 19 Gráfico uso de equipos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.20

Figura No. 20 Gráfico total uso de equipos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.20

Se puede notar que el 39% de la muestra que realiza movimientos de tierra y operaciones referentes al tema no está sabe si el uso de equipos es el adecuado al momento de realizar excavaciones, desalojos y transportes.

g. ¿De las siguientes opciones, qué tipo de trabajos o actividades en movimientos de tierra están expuestos los trabajadores?

Opciones
Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad. (1)
Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes para los que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas. (2)
Trabajos con riesgo de ahogamiento por inmersión. (3)
Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos. (4)
Trabajos que impliquen el uso de explosivos. (5)
Trabajos en pendientes pronunciadas. (6)
Colocación de tuberías en zanja. (7)
Trabajos de carga especiales donde se ocupa la vía pública. (8)
Colocación de carpas y seguridad en el transporte. (9)

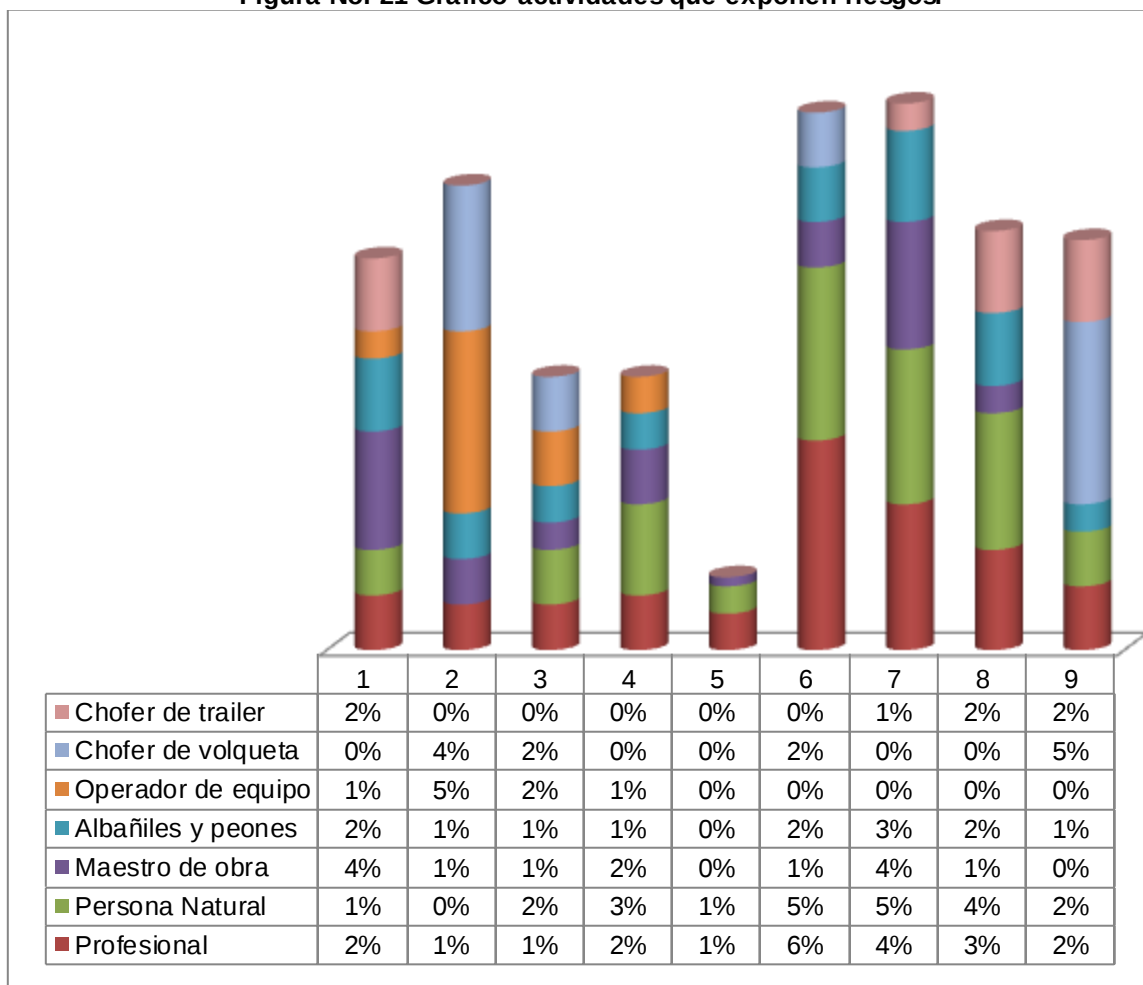
Tabla No. 21 Actividades que exponen riesgo.

No.	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
1	6	5	13	8	3		8
2	5		5	5	20	16	
3	5	6	3	4	6	6	
4	6	10	6	4	4		
5	4	3	1				
6	23	19	5	6		6	
7	16	17	14	10			3
8	11	15	3	8			9
9	7	6		3		20	9
T	83	76	50	48	33	48	29

Elaborado por: Freddy Correa Paredes

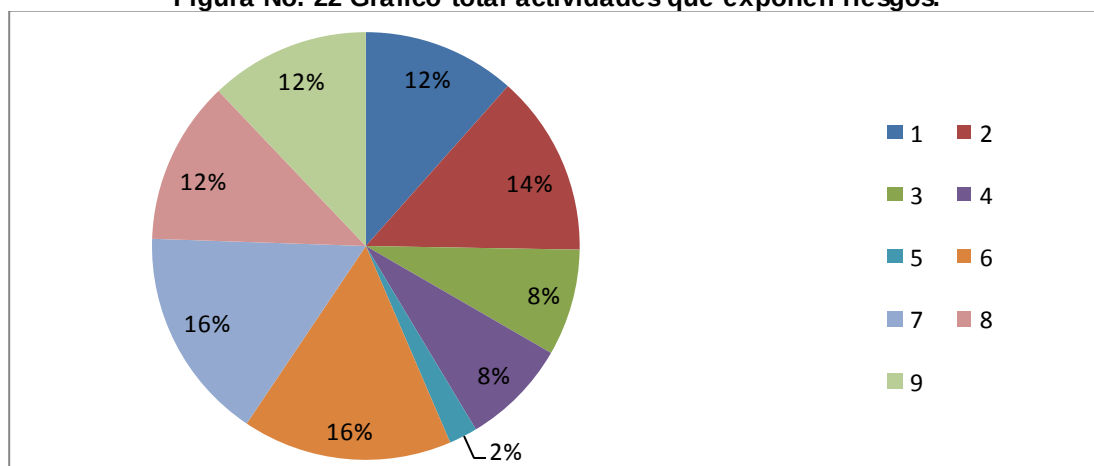
Fuente: Encuestas

Figura No. 21 Gráfico actividades que exponen riesgos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.21

Figura No. 22 Gráfico total actividades que exponen riesgos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.21

El 16% muestra que los riesgos se presentan cuando existen pendientes pronunciadas y colocación de tuberías en zanjas, ya que los operadores de equipos se encuentran en contacto con albañiles y peones. El 12% nos muestra que cuando existe contacto con la vía pública, agentes químicos y biológicos, y trabajos de riesgo como en ríos, canales y descargas de aguas servidas son focos de accidentes que se verán con la afectación del personal.

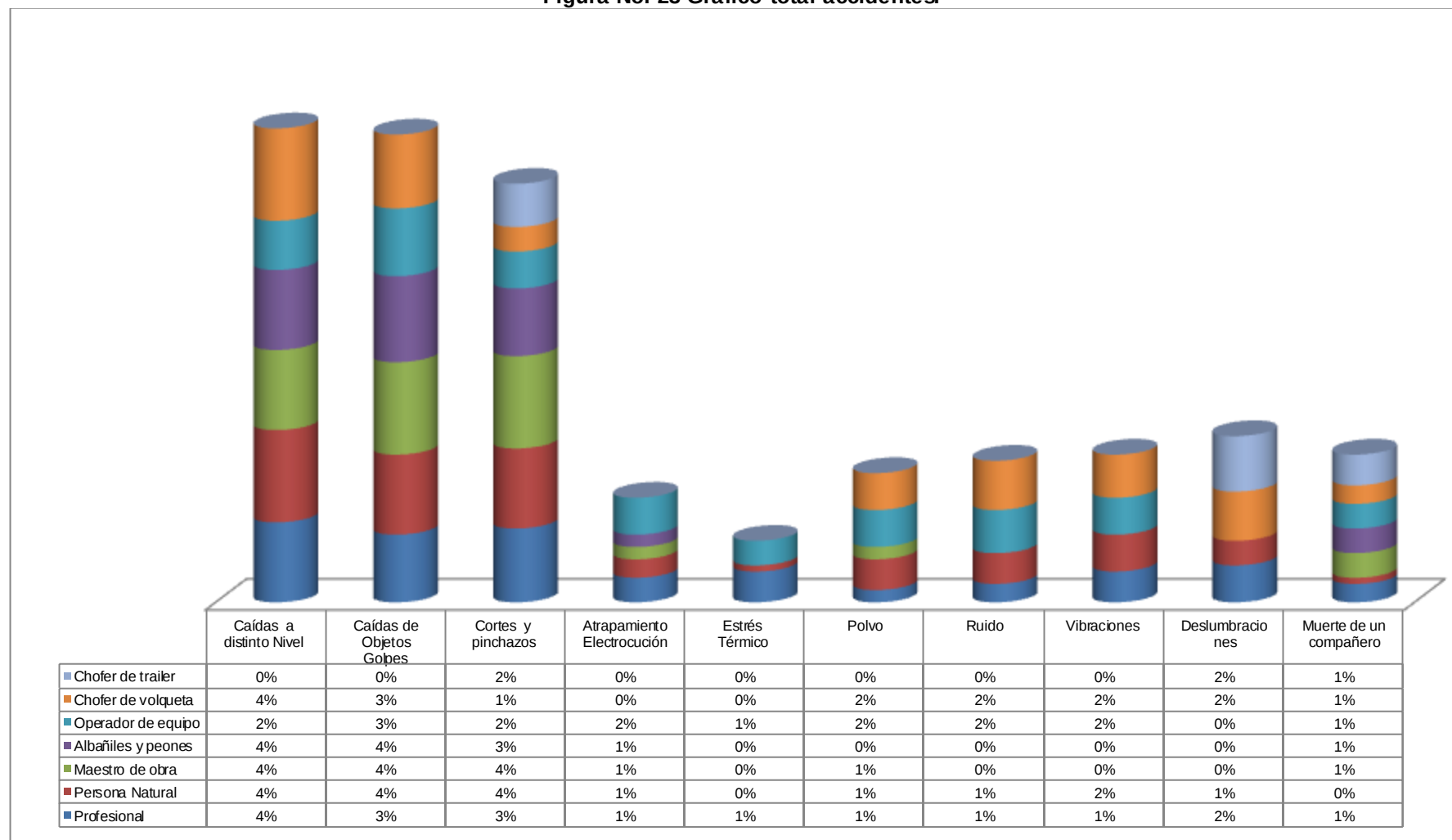
h. ¿De las siguientes opciones, qué tipo de accidente ha sufrido hasta la actualidad o ha presenciado?

Tabla No. 22 Accidentes.

ACCIDENTES	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
Caídas a distinto Nivel	13	15	13	13	8	15	
Caídas de Objetos Golpes	11	13	15	14	11	12	
Cortes y pinchazos	12	13	15	11	6	4	7
Atrapamiento Electrocutación	4	3	2	2	6		
Estrés Térmico	5	1			4		
Polvo	2	5	2		6	6	
Ruido	3	5			7	8	
Vibraciones	5	6			6	7	
Deslumbraciones	6	4				8	9
Muerte de un compañero	3	1	4	4	4	3	5
TOTAL	64	66	51	44	58	63	21

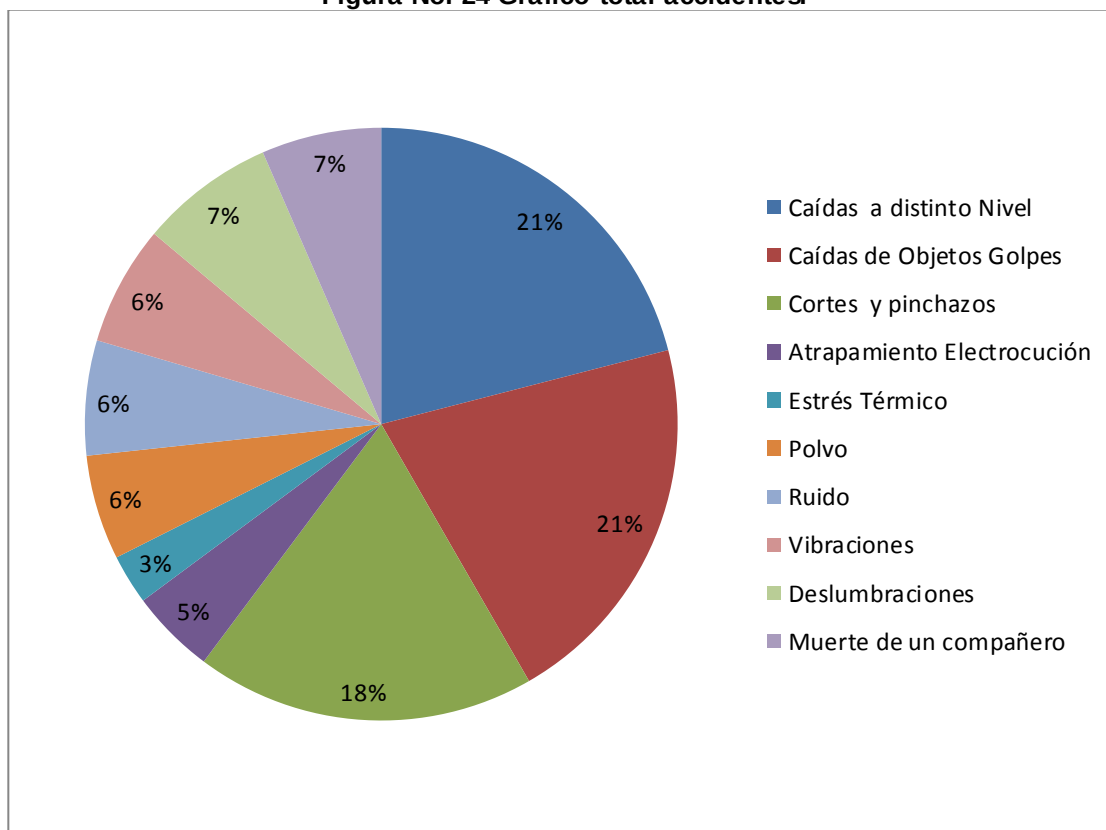
Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas.

Figura No. 23 Gráfico total accidentes.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.22

Figura No. 24 Grafico total accidentes.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.22

Es muy evidente que el 21% ha sufrido de golpes por caídas de objetos y caídas de alturas en distintos niveles, el 18% ha sufrido cortes y pinchazos siendo el resto de accidentes en menor porcentaje.

- i. ¿Cómo parte del desarrollo del proceso, que tipo de medidas de prevención se deberían emplear en las actividades de movimientos de tierra?

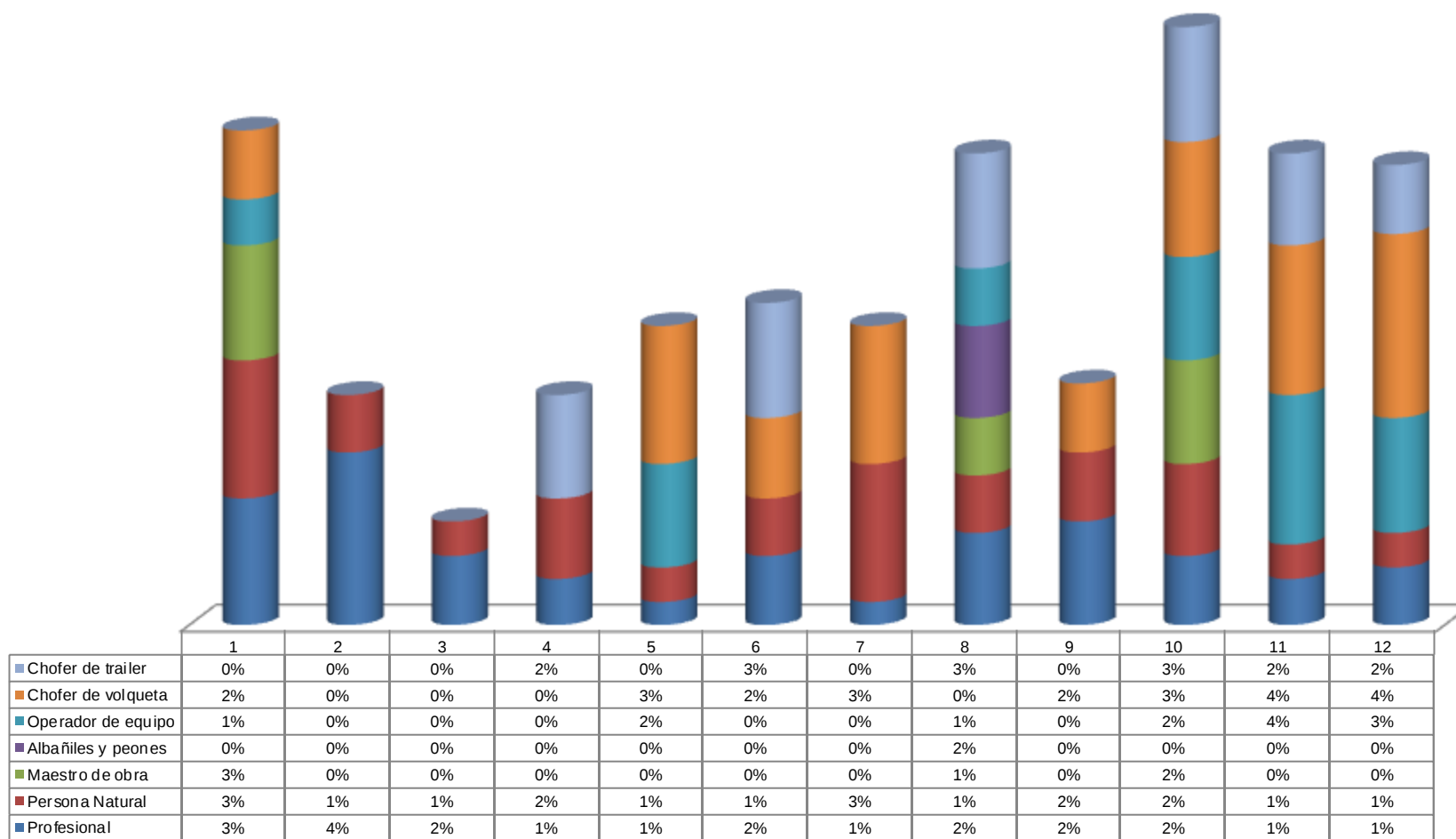
Medidas de prevención
Análisis del costo por m ³ en excavación, transporte y desalojo (1)
Acotamiento del perímetro de la obra (2)
Revisión de experiencia que acrediten al contratista de equipos (3)
Abastecimiento de equipos de trabajo y herramientas (4)
Inspección de equipos como estado, seguros de operadores y equipos(5)
Controles de velocidad en el transporte (6)
Control de calidad del personal contratado (7)
Abastecimiento de combustibles, alimentos y dormitorios (8)
Controles de seguridad a bienes de terceros (9)
Inspección al personal que cumplan con el uso de EPP (10)
Inspección para detectar la existencia de gases o vapores tóxicos, inflamables o explosivo (11)
Revisión del clima (12)

Tabla No. 23 Medidas de prevención.

Prevención	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
1	11	12	10		4	6	
2	15	5					
3	6	3					
4	4	7					9
5	2	3			9	12	
6	6	5				7	10
7	2	12				12	
8	8	5	5	8	5		10
9	9	6				6	
10	6	8	9		9	10	10
11	4	3			13	13	8
12	5	3			10	16	6
TOTAL	78	72	24	8	50	82	53

Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

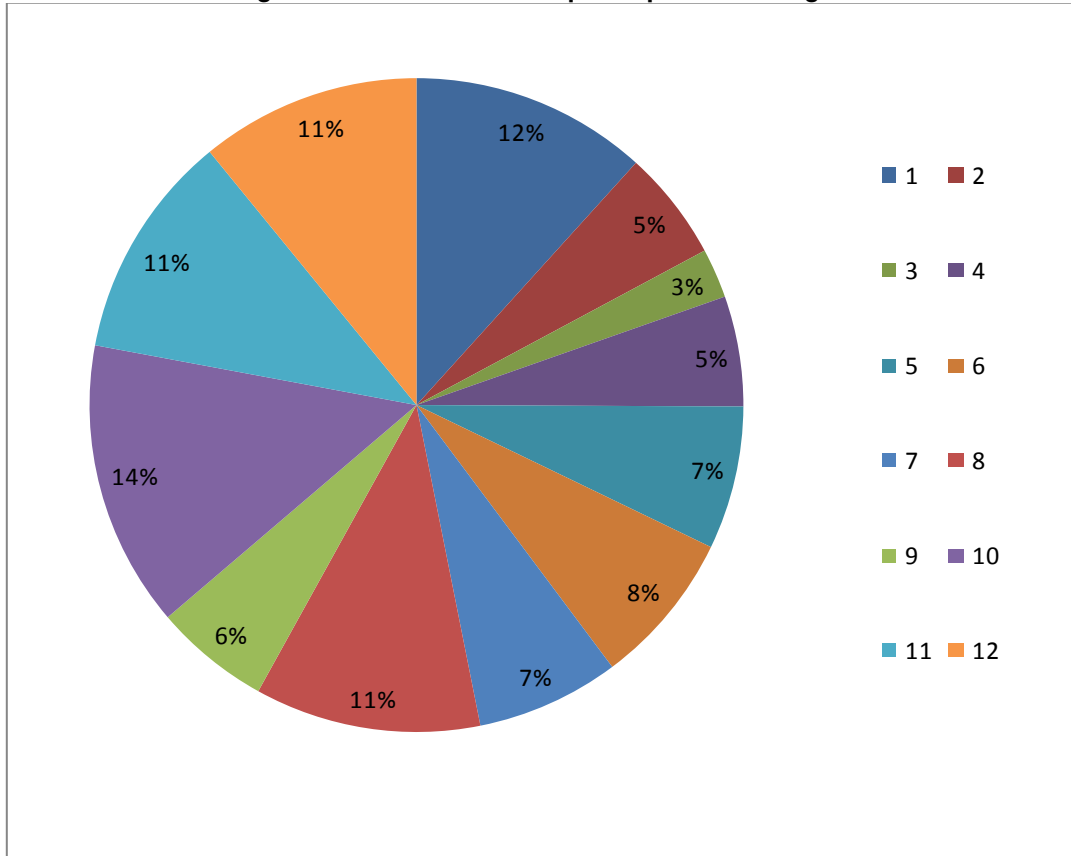
Figura No. 25 Gráfico total medidas de prevención.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.23

Figura No. 26 Accidentes que exponen a riesgos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.23

En la gráfica No.26 se muestra que el 14% de la muestra al ser la más significativa, evidencia la necesidad de prevenir los riesgos en cuanto a la dotación de EPP y herramienta menor de mejor calidad como picos, palas, etc. El 11% considera que en los proyectos existe la necesidad de controlar las velocidades de todos los transportes ya que producen accidentes y no tienen consideración al personal que se encuentra trabajando en sus alrededores, al igual que en los equipos el control del estado mecánico y sus seguros por riesgo de la actividad. El 12% indico que como medida de prevención de riesgos económicos al momento de realizar movimiento de tierras.

j. ¿En la organización donde usted labora existe un comité de seguridad y salud para preservar la salud del trabajador?

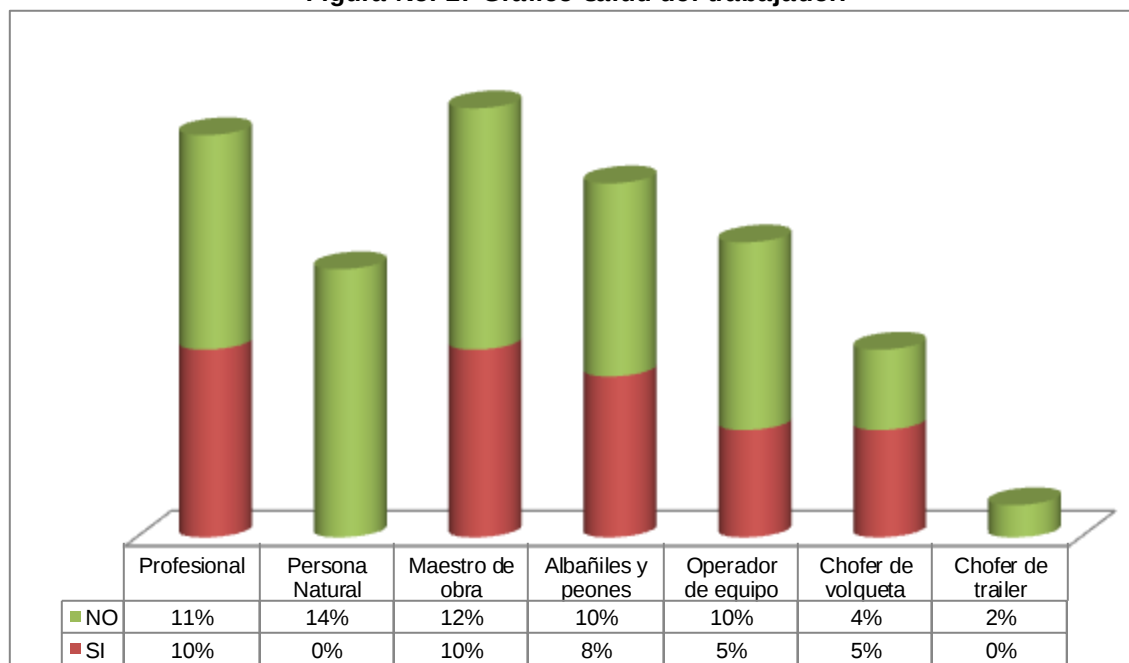
Tabla No. 24 Accidentes que exponen a riesgos.

SALUD	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
SI	35		35	30	20	20	
NO	40	50	45	36	35	15	6
TOTAL	75	50	80	66	55	35	6

Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas

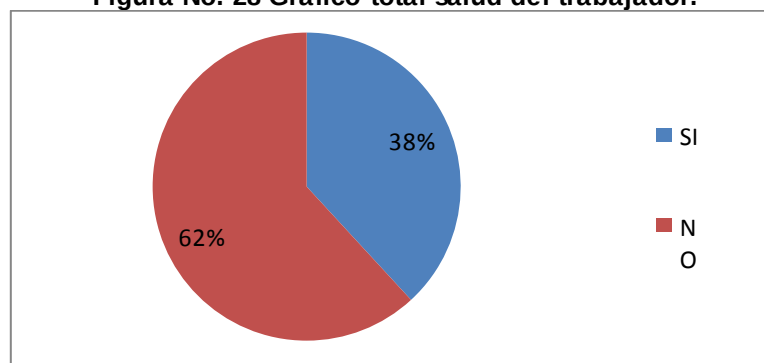
Figura No. 27 Gráfico salud del trabajador.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.24

Figura No. 28 Gráfico total salud del trabajador.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

Fuente: Encuestas tabla No.24

En el gráfico No.28 Podemos notar que el 62% de obras en donde realiza movimientos de tierra no cuentan con un ente regulador de seguridad y salud ocupacional, para mitigar los riesgos antes mencionados.

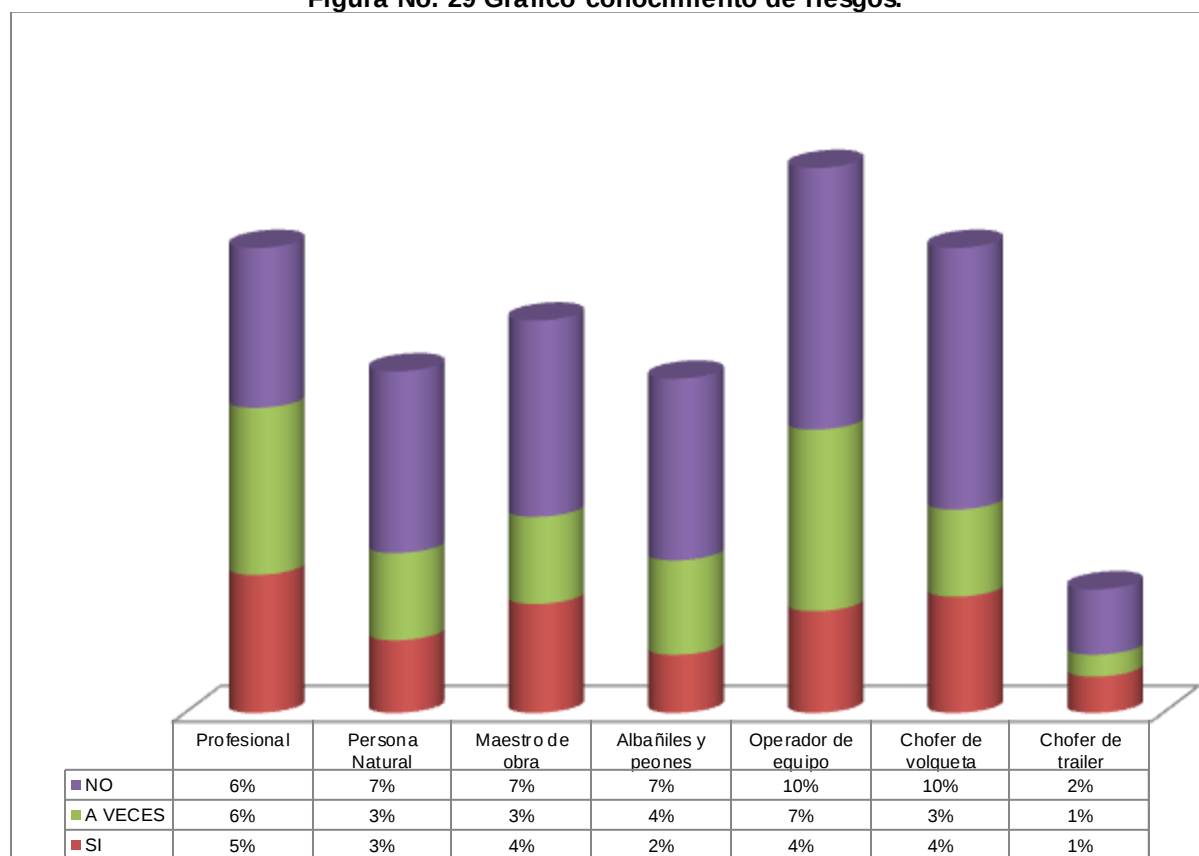
k. ¿En su rol de trabajador de la construcción civil usted se encuentra consiente de los riesgos a los que se encuentra expuesto?

Tabla No. 25 Conocimiento de riesgos.

TRABAJADOR	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
SI	19	10	15	8	14	16	5
A VECES	23	12	12	13	25	12	3
NO	22	25	27	25	36	36	9
TOTAL	64	47	54	46	75	64	17

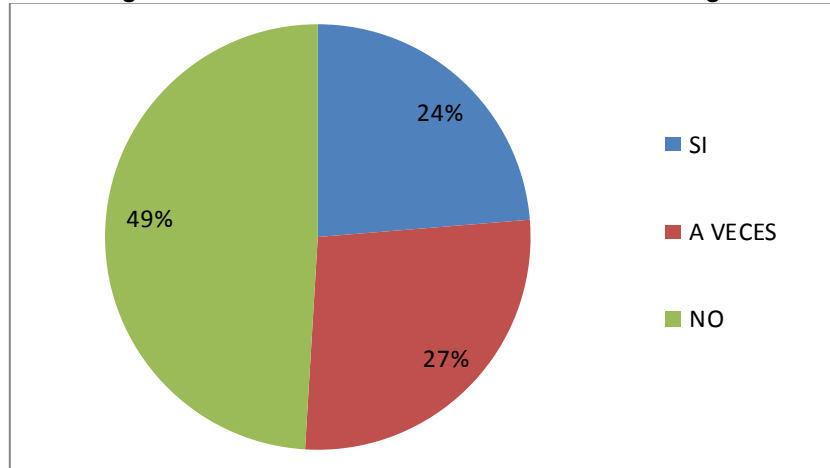
Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

Figura No. 29 Gráfico conocimiento de riesgos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.25

Figura No. 30 Gráfico total conocimiento de riesgos.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.25

En la figura No.30, se observa que el 49% de los trabajadores no están conscientes de los riesgos que estos conllevan al momento de realizar operaciones relacionadas al movimiento de tierras.

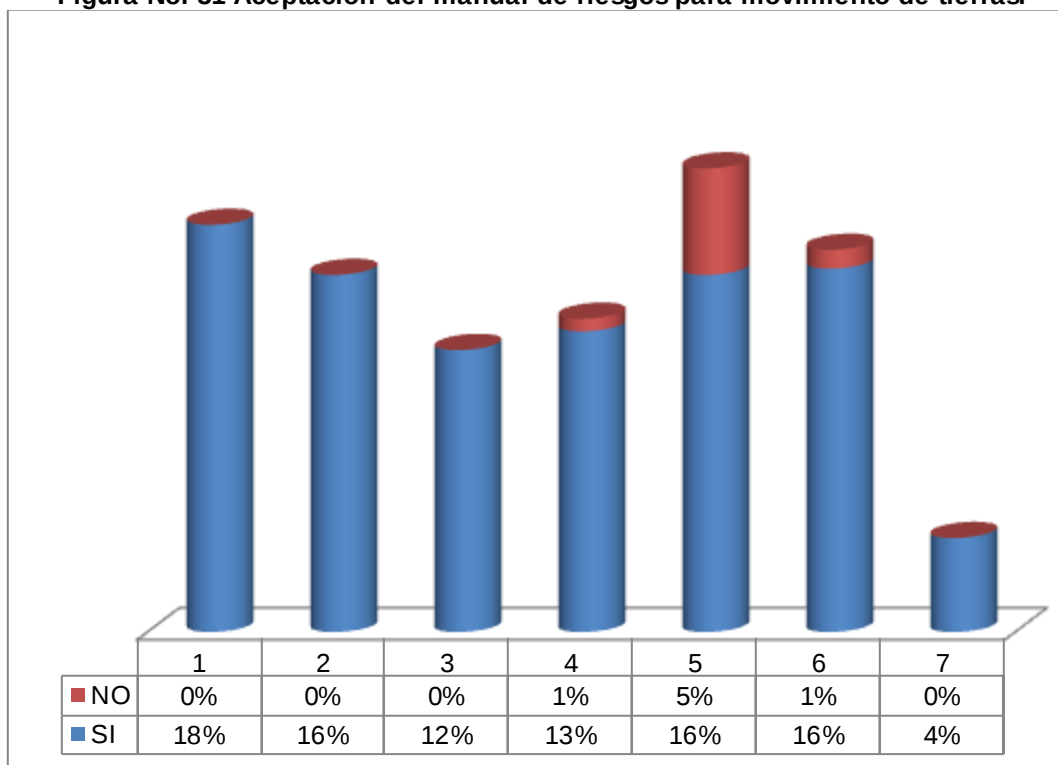
- I. ¿En su calidad de trabajador del sector de la construcción de la obra civil está usted de acuerdo que se elabore un manual para prevención de riesgos de movimientos de tierra y que sea aplicado a nivel nacional?**

Tabla No. 26 Manual de riesgos para movimiento de tierras.

MANUAL	Profesional	Persona Natural	Maestro de obra	Albañiles y peones	Operador de equipo	Chofer de volqueta	Chofer de tráiler
SI	65	57	45	48	57	58	15
NO				2	17	3	
TOTAL	65	57	45	50	74	61	15

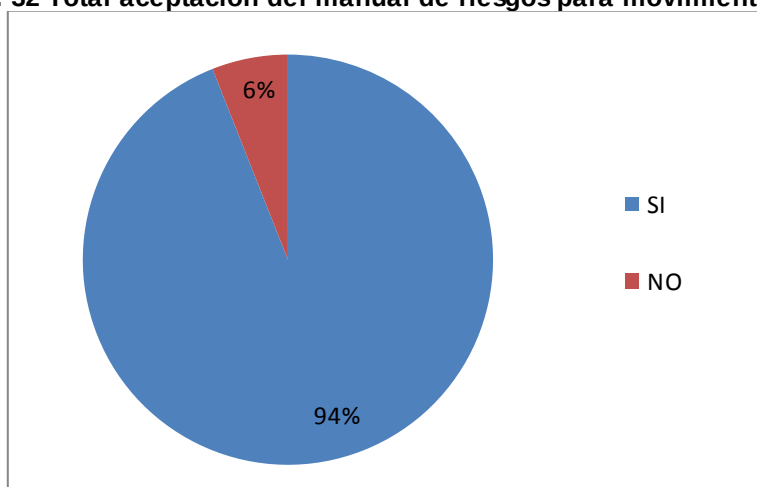
Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas

Figura No. 31 Aceptación del manual de riesgos para movimiento de tierras.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.26

Figura No. 32 Total aceptación del manual de riesgos para movimiento de tierras.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes
Fuente: Encuestas tabla No.26

De toda la muestra el 94% está en total acuerdo que se realice un Manual para la prevención de riegos en movimientos de tierra, aplicado a personas del sector de la construcción que realizan esta actividad como sostén de sus hogares sin tener bases de los preceptos de ingeniería civil, en algunos casos.

CAPÍTULO V

5. MANUAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA

1. INTRODUCCIÓN

En los proyectos de ingeniería civil, las diferentes actividades como limpieza, desbanque, excavación, derrocamiento, relleno, tendido, compactación y transporte han desarrollado un incremento acelerado en el país, por cuanto la matriz productiva de esta actividad la vienen realizando empresas constructoras, de renta de equipos o personas naturales que efectúan adquisiciones desmedidas al momento de comprar equipos, su alto valor económico ha generado que los movimientos de tierra no tengan el valor adecuado al momento de realizarlos y en alguno de los casos se arriesga al personal que trabaja cerca de la maquinaria.

Los riesgos están relacionados directamente con la incertidumbre de tener que enfrentarse a una situación incierta cuando exista un objeto que se encuentra expuesto a sufrir daño o pérdida por los movimientos que se realizan en el lugar del proyecto. El desarrollo del presente manual es de tipo educativo e informativo; ya que contiene información, normativas y reglamentos con el fin de preservar la integridad física de profesionales, contratistas y trabajadores en general. Constando con los siguientes ítems:

Introducción

Objetivo

Esquema organizacional

Análisis de riesgos en movimiento de tierras

Análisis de costos

Lista de control general para riesgos en movimientos de tierra

Prevención de riesgos

2. OBJETIVO DEL MANUAL

En la lista de evaluación general para riesgos en movimientos de tierra, el total del nivel de riesgos que se va a obtener de las listas de actividades, trabajadores, mecánica de suelos, volumen, costos por m³ y de transporte permitirá determinar si la frecuencia de estos riesgos son Inaceptables, Evitable, Aceptables o Insignificantes; siendo estos los índices de evaluación para determinar de forma rápida si el movimiento de tierras que se requiere ejecutar es factible o no para los beneficios para el contratista, planeando cronogramas de trabajo adecuados, preservando la vida y salud ocupacional de los trabajadores en general, cuando se realizan movimientos de tierra con información basada en los preceptos de la Ingeniería Civil.

3. ESQUEMA ORGANIZACIONAL PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

El siguiente, es un esquema organizacional para realizar movimientos de tierra siendo necesario para determinar los riesgos y su eventual mitigación, considerando que la administración general puede a cargo de una persona natural o jurídica.

Figura No. 33 Esquema organizacional.



Elaborado por: Freddy Correa Paredes

4. ANÁLISIS DE RIESGOS PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Para determinar los riesgos en movimientos de tierra, es indispensable determinar las condiciones que este requiere para ser ejecutado. Considerando los siguientes factores:

ACTIVIDAD A REALIZARSE

Cuando se determine la ubicación del proyecto donde este va a ser realizado, permitirá realizar la logística necesaria en materia de transporte, vivienda, alimentación y mantenimiento de equipos que se necesitan para la ejecución de actividades como causa y efecto mostrado en el Cuadro No. 15 y el riesgo que este podría presentar al momento de usar equipos evaluando del 1 al 5, siendo 5 la escala más alta como desastroso y 1 como pequeño, determinando si este proyecto tiene estudios y la documentación necesaria para realizar una inspección adecuada, considerando el nivel de riesgo que se va emplear al momento de transportar equipos, garaje de equipos, seguridad de equipos, transporte de pétreos, seguridad en terceros y trabajadores.

Cuadro No. 15 Lista para actividades a realizarse.

ACTIVIDADES						
Reg. No.						
Proyecto:						
Ubicación:						
INFORMACION	Demolición de elementos estructurales del área o faja de la obra(m ²)	(Excavadora, herramientas, accesos, desalojo, trabajadores)				
	Desbroce de vegetación(m ²)	(Retroexcavadora, volqueta, niveles, escombrera, trabajadores)				
	Desmonte o tala de árboles(u)	(Excavadora, volqueta, herramienta, trabajadores, escombrera)				
	Excavación en suelos (m ³):	(Excavadora, volqueta, excavación manual)				
	Excavación en mina de pétreos (m ³)	(Excavadora, Cargadora, herramientas de cribado, herramientas, trabajadores)				
	Excavación en roca con voladura (m ³)	(Perforadora, dinamita, excavadora, tractor con ripper, señalización, herramientas, trabajadores)				
	Excavaciones del sistema de drenaje (cunetas, canales, etc.(m))	(Excavadora, retroexcavadora, adaptación de cucharón, herramienta, trabajadores)				
	Perfilado de taludes en corte y relleno	(Excavadora, herramienta, topografía, trabajadores)				
	Rellenos en los terraplenes, terrazas, etc., desde préstamos laterales	(Excavadora, retroexcavadora, cargadora, dumper)				
	Terraplenes (m ³)	(Volqueta, motoniveladora, mototraílla, compactadora, tanquero, niveles, trabajadores)				
	Pedraplenes con productos de voladura o escarificación (m ³)	(Volqueta, tractor, excavadora)				
	Explanada mejorada (m ³)	(Volqueta, excavadora, motoniveladora, mototraílla, compactadora, tanquero, trabajadores)				
DOCUMENTOS	Permisos	(Demolición, excavación, relleno, pétreos)				
	Revisión de pliegos	(Estudio de suelos, topografía, volumen, plazos, costo)				
	Análisis del proyecto	(Alcance de obra, condiciones económicas, riesgos)				
	Matrículas de equipo caminero	(MTOP)				
	Cronograma de actividades	(Plazos de entrega, factores de reducción de tiempos)				
	Historial del clima	(INAMHI)				
	Documentación legal	(Diseño, licitación o cotización, construcción)				
INSPECCION	Ubicación del proyecto	(Logística, excavación, riesgos, clima)				
	Topología de la obra	(Excavación a cielo abierto, subterráneas, subacuáticas)				
	Envergadura de la obra	(Equipo, transporte, campamento, escombrera, trabajadores)				
	Material a excavar	(Roca, grava, limo, arcilla)				
	Transporte de equipos	(Logística, puerto, campamento, proyecto)				
	Condicionantes adicionales	(Seguro de vida, seguro de accidentes, responsabilidad civil, control de equipo, trabajadores)				
Inspector:	EVALUACION:	DESASTROSO	SEVERO	SERIO	CONSIDERABLE	PEQUEÑO
		5	4	3	2	1

Elaborado por: Freddy Correa Paredes

RIESGO A TRABAJADORES

Cuando se haya determinado la ubicación y la actividad que se va a realizar, evaluamos los riesgos del personal al que van a estar expuestos asumiendo el número de posibles afectados basados en la experiencia, para colocar en la evaluación general de riesgos en movimientos de tierra donde M=Muertos, HG=Heridos Graves, HL=Heridos Leves, con los parámetros de la siguiente lista:

Cuadro No. 16 Lista para riesgos en trabajadores

Riesgos a trabajadores, operadores, choferes						
Reg. No.						
Proyecto:						
Ubicación:						
Atropellos y aplastamientos por máquinas	(Entorno, visibilidad, alarmas, accesos, humedad, suelo)					
Caída de personal a distinto nivel	(Trabajo, agua subterráneas, distracción, suelo, lubricantes, combustibles)					
Golpes, atrapamientos, caída de objetos materiales	(Trabajo, herramientas, distracción, EPP)					
Exposición a condiciones de humedad	(Entorno, trabajo)					
Contactos eléctricos directos e indirectos	(Trabajo, entorno, descuido)					
Inhalación de polvo	(Equipo en mal estado, EPP, humedad)					
Inhalación de humos, gases, vapores o sustancias tóxicas	(Equipo, EPP, ventilación)					
Ruido	(Equipo en mal estado, EPP)					
Vibraciones	(Equipo en mal estado)					
Estrés térmico por frío o calor	(Equipo en mal estado, trabajo, entorno)					
Contactos con materiales cáusticos, corrosivos o tóxicos.	(Equipo en mal estado, sustancias, entorno, EPP)					
Exposición a microorganismos y parásitos.	(Epidemia, bacterias, virus, contaminación, insectos)					
Posturas forzadas.	(Equipo en mal estado, entorno, trabajo)					
Radio de trabajo demasiado cerca a los equipos	(Pendientes, equipo en mal estado)					
Líneas de electricidad (Electrocución)	(Contacto del equipo o personal)					
Incendio	(Derrame de líquidos sobre equipos, personal, área de trabajo)					
Vuelco de máquinas	(Trabajo, pendientes, humedad, suelo, exceso de confianza, distracción)					
Caídas por desplome de bancos de tierra	(Escorrentías, aguas subterráneas, material no consolidado)					
Caída de equipos cuando se transporta	(Remolque en mal estado, cadenas de seguridad, experiencia, zonas de difícil acceso)					
Lesiones y caídas por colocación de carpas en volquetas	(Sistemas de colocación de carpas inexistentes, descuido)					
Exceso de velocidad	ANT					
Alarmas de equipos en mal estado	(Alarmas de movimiento en equipos)					
Luces de precaución averiadas	(Mantenimiento)					
Neumáticos en mal estado	(Suelo)					
Cinturón de seguridad en malas condiciones	(Mantenimiento)					
Retrasos en obra						
Inspector:	EVALUACION:	DESASTROSO	SEVERO	SERIO	CONSIDERABLE	PEQUEÑO
		5	4	3	2	1

Elaborado por: Freddy Correa Paredes

TIPO DE SUELO

Los materiales que normalmente se cortan, transportan y colocan en el proceso de movimiento de tierras, como rocas y suelos, son formaciones de material que se encuentran en la naturaleza, y se denominan bancos. Cada terreno presenta su dificultad al momento de realizar su excavabilidad sea este para extraer o separar del banco porciones de su material, caracterizados por su tipo de roca, cohesión, fricción, compresibilidad, peso unitario, humedad y límites de consistencia.

Cuando realicemos la inspección previa del lugar de trabajo y el estudio de mecánica de suelos, nos ayudara a determinar el tipo de suelo que se pretende mover, tomando en cuenta que este va a ser evaluado bajo normas de regulación, de la siguiente forma:

Colocamos el símbolo y el nombre con el cual se va a identificar al suelo considerando el Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS y/o ASSHTO.

Identificamos el tipo de material y sus dimensiones aproximadas.

Anotamos su color, olor, forma, humedad, su dureza para determinar y colocar los riegos según estas determinen sus características mecánicas.

Cuadro No. 17 Lista para componentes del suelo.

EVALUACION DE SUELOS						
Proyecto:						
Ubicación:						
Reg. No:						
ACTIVIDAD						
Símbolo del Grupo	(SUCS-AASHTO)					
Nombre del Suelo	(Nombre típico, SUCS,AASHTO)					
Identificar	(Bolones, gravas, arena, limo, arcilla, orgánico) (Tamaño máximo visible)					
Distribución de tamaños	(Porcentaje estimado de partículas entre gravas, arena, finos)					
Color	(Utilizar como máximo dos colores).					
Graduación	(Bien graduada o pobremente graduada (uniforme)) (Anotar para gravas y arenas el tamaño predominante, media, gruesa o fina)					
Plasticidad	(Plasticidad de la fracción fina (ninguna, baja, media o alta))					
Olor	(Ninguno, térreo u orgánico)					
Forma de partículas	(Angular, subangular, subredondeado o redondeado)					
Humedad	(Seco, húmedo, mojado o saturado)					
Dilatación-Contracción	(Ninguna, lenta o rápida)					
Resistencia Seca	(Muy baja, baja, media, alta o muy alta)					
Consistencia	(Blanda, media, firme, muy firme o dura, estimarla basado en la facilidad para penetrar el dedo índice y/o pulgar)					
Compacidad Natural	(Densa o suelta)					
Estructura	(Estructura dominante; estratificado, laminado, homogéneo, vesicular, etc.)					
Cementación	(Débil, fuerte)					
Origen	(Precisar el origen del suelo (fluvial, artificial, etc.).					
Materia orgánica	(Sin indicios, mediana o abundante)					
Inspector:		DESASTROSO	SEVERO	SERIO	CONSIDERABLE	PEQUEÑO
	EVALUACION:	5	4	3	2	1

Elaborado por: Freddy Correa Paredes

VOLUMEN

El volumen principal en que se descompone el movimiento de tierras, determinara el costo del proyecto por m^3 , las cuales corresponden con distintas actividades como transporte de equipos, excavación, carga, transporte y desalojo.

Para determinar el volumen se suele realizar mediciones manuales o con equipos de topografía que son adecuadas para obtener valores reales del volumen en banco (Estado natural del suelo).

Determinamos los valores para esponjamiento o compactación, dependiendo del requerimiento, para obtener los porcentajes de tierra que no se consideran al momento de calcular el costo real del movimiento de tierras.

El costo por m^3 determinara si es que este es el adecuado para realizar el movimiento de tierras con un nivel razonable de riesgo, en la siguiente lista se podemos determinar el porcentaje de esponjamiento o compactación una vez identificado el tipo de suelo a excavar o usar como relleno multiplicando por $1m^3$ y obteniendo el volumen real o aparente que necesitamos mover.

Es necesario determinar en la evaluación general de riesgos el volumen evaluado considerando los rangos de perdida, siendo estos de $>3000 m^3$ como desastroso y $<30 m^3$ como pequeño.

Tabla No. 27 Lista para volumen.

VOLUMEN								
Proyecto:								
Reg. No:								
Fecha:								
MATERIAL		PORCENTAJE DE ESPONLAMIENTO (%Sw)	FACTOR DE ESPONJAMIENTO (Sw)	PORCENTAJE DE COMPACTACION (%Fw)	FACTOR DE COMPACTACION (Fw)	VOLUMEN PATRON (m³)	VOLUMEN APARENTE CON SW (m³)	VOLUMEN APARENTE CON FW (m³)
Caliza		70	0.70	59	0.59	1		
Arcilla	Estado natural	22	0.22	83	0.83	1		
	Seco	25	0.25	81	0.81	1		
	Húmeda	25	0.25	80	0.80	1		
Arcilla y grava	Seco	17	0.17	86	0.86	1		
	Húmeda	20	0.20	84	0.84	1		
Roca alterada	75% Roca - 25% Tierra	43	0.43	70	0.70	1		
	50% Roca - 50% Tierra	33	0.33	75	0.75	1		
	25% Roca - 75% Tierra	25	0.25	80	0.80	1		
Tierra	Seca	20	0.20	80	0.80	1		
	Húmeda	26	0.26	79	0.79	1		
	Barro	23	0.23	81	0.81	1		
Granito fragmentado		64	0.64	61	0.61	1		
Grava	Natural	13	0.13	89	0.89	1		
	Seca	13	0.13	89	0.89	1		
	Mojada	13	0.13	89	0.89	1		
Arenay arcilla		26	0.26	79	0.79	1		
Yeso fragmentado		75	0.75	57	0.57	1		
Arenisca		67	0.67	60	0.6	1		
Arena	Seca	13	0.13	89	0.89	1		
	Húmeda	13	0.13	89	0.89	1		
	Empapada	13	0.13	89	0.89	1		
Tierra y grava	Seca	13	0.13	89	0.89	1		
	Húmeda	10	0.10	91	0.91	1		
Tierra vegetal		44	0.44	69	0.69	1		
Basaltos fragmentados		49	0.49	67	0.67	1		
INSPECTOR:		OBSERVACIONES:			EVALUACION:			
					DESASTROSO	SEVERO	SERIO	CONSIDERABLE
					>3000	300 a 3000	30 a 3000	3 a 30
								PEQUEÑO
								<3

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

EQUIPO

Por lo general los movimientos de tierra, se los realiza con equipos mecánicos por la versatilidad que estos ofrecen tomando en cuenta que los costos de operación en estos equipos va a ser determinado por factores como el tipo de suelo a excavar, el tipo de equipo a utilizar, el lugar del proyecto y con ello el riesgo que podrá mantener con el personal. El número de equipos se ajustara con el tiempo establecido en el proyecto generando una mejora en los rendimientos de movimientos de tierra.

En el Anexo A se encuentra las listas de rendimientos para evaluar los equipos que necesitemos en el proyecto, determinados por su potencia, velocidad de trabajo, capacidades de carga necesarios para determinar si es el equipo se desplaza o se adhiere al terreno en el cual se proyecta realizar el movimiento de tierras con el uso de la tracción disponible y utilizable de los equipos.

5. COSTOS

Se tratará de encontrar la mejor relación entre rendimiento y gastos, es decir, el costo más bajo posible por unidad de material movido, tomando en cuenta los riesgos que este aporta en su ejecución. El costo horario de una máquina puede hacerse exhaustivamente mediante la suma de varios factores, como precios referenciales se tomara los de la Cámara de Construcción que rigen a nivel del Ecuador.

COSTO M³ EN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

En la tabla No. 28 se determina el costo/beneficio de un movimiento de tierras y se determinan los costos por m³ de excavación, donde se compara el costo promedio referencial y el costo promedio real multiplicando los factores del tipo de suelo que se va a mover.

Considerando que la evaluación está en dólares siendo >3000 desastroso y <3 pequeño, para definir las pérdidas y ganancias que se puede obtener.

COSTO M³/KM EN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

En la tabla No. 29 se generaliza los costos por m³/km del transporte sin determinar el tipo de suelo en el cual se va a circular, obteniendo el recorrido, cubillaje de la volqueta, costo por hora de la misma ya que Acarreo (Transporte interno) se considera hasta los 500m y sobreacarreo (Transporte externo) fuera de este rango.

Los límites de velocidad rigen por la Agencia Nacional de Transito cuando necesite realizar sobreacarreos en donde evidentemente se van a usar las vías de primer orden.

Tabla No. 28 Costo por m³.

MATERIAL		FACTOR DE ESPONJAMIENTO(Sw)	FACTOR DE COMPACTACION (Fw)	VOLUMEN PATROM (m³)	COSTO PROMEDIO EN BANCO (CAMICON 2014)	COSTO MATERIAL SUELTO	COSTO MATERIAL COMPACTADO	COSTO REAL POR m³	
								SUELTO	COMPACTADO
Caliza		0.7	0.59	1	4.7	3.29	2.773	7.99	7.473
Arcilla	Estado natural	0.22	0.83	1	4.7	1.034	3.901	5.734	8.601
	Seco	0.25	0.81	1	4.7	1.175	3.807	5.875	8.507
	Húmeda	0.25	0.8	1	4.7	1.175	3.76	5.875	8.46
Arcilla y grava	Seco	0.17	0.86	1	4.7	0.799	4.042	5.499	8.742
	Húmeda	0.2	0.84	1	4.7	0.94	3.948	5.64	8.648
Roca alterada	75% Roca - 25% Tierra	0.43	0.7	1	4.7	2.021	3.29	6.721	7.99
	50% Roca - 50% Tierra	0.33	0.75	1	4.7	1.551	3.525	6.251	8.225
	25% Roca - 75% Tierra	0.25	0.8	1	4.7	1.175	3.76	5.875	8.46
Tierra	Seca	0.2	0.8	1	4.7	0.94	3.76	5.64	8.46
	Húmeda	0.26	0.79	1	4.7	1.222	3.713	5.922	8.413
	Barro	0.23	0.81	1	4.7	1.081	3.807	5.781	8.507
Granito fragmentado		0.64	0.61	1	4.7	3.008	2.867	7.708	7.567
Grava	Natural	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
	Seca	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
	Mojada	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
Arenay arcilla		0.26	0.79	1	4.7	1.222	3.713	5.922	8.413
Yeso fragmentado		0.75	0.57	1	4.7	3.525	2.679	8.225	7.379
Arenisca		0.67	0.6	1	4.7	3.149	2.82	7.849	7.52
Arena	Seca	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
	Húmeda	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
	Empapada	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
Tierra y grava	Seca	0.13	0.89	1	4.7	0.611	4.183	5.311	8.883
	Húmeda	0.1	0.91	1	4.7	0.47	4.277	5.17	8.977
Tierra vegetal		0.44	0.69	1	4.7	2.068	3.243	6.768	7.943
Basaltos fragmentados		0.49	0.67	1	4.7	2.303	3.149	7.003	7.849
EVALUACION:									
DESASTROSO					SEVERO	SERIO	CONSIDERABLE	PEQUEÑO	
>3000					300 a 3000	30 a 3000	3 a 30	<3	

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Tabla No. 29 Costo de transporte

Recorrido(km)				Calculo de carga			
Material	0	km		Cubicaje m³:	8	12	16
Escombrera	3.9	km		#Paladas (Cubicaje/Capacidad de la pala cargadora)	5.3	8	10.67
km extra	0.1	km		Tiempo de carga (horas) (#Paladas*Ciclo de cargadora)	0.01	0.01	0.01
Total recorrido	4	km		Tiempo de descarga(horas) (Volqueta)	0.01	0.02	0.03
Volqueta				Transporte interno(horas)			
m³	8	12	16	Tiempo de transporte (Total recorrido/Velocidad de transporte)	0.2	0.2	0.2
Transporte interno				Tiempo de retorno	0.13	0.13	0.13
Velocidad de transporte(km/h):	20	20	20	Transporte externo(horas)			
Velocidad de retorno(km/h):	30	30	30	Tiempo de transporte	0.057	0.067	0.067
Transporte externo				Tiempo de retorno	0.057	0.057	0.057
Velocidad de transporte(km/h):	70	60	60	Ciclo de volqueta			
Velocidad de retorno(km/h):	70	70	70	Transporte interno (horas) (Tcarga+tdescarga+ttranspote+tretorno)	0.35	0.36	0.38
Capacidad de la pala cargadora:	1.5	m³		Transporte externo(horas)	0.13	0.15	0.17
				Costo del ciclo x viaje			
Ciclo de cargadora:	4	seg		Transporte interno (CostoxCiclo de la volqueta)	11.74	18.26	25.21
Costo hora Cámara de la Construcción				Transporte externo	4.38	7.70	11.13
Costo hora volqueta 8m³:	33.6	\$		Costo de m³ x km			
Costo hora volqueta 12 m³:	50.4	\$		Transporte interno ((Cubicaje/recorrido)/costo del ciclo)	0.17	0.16	0.16
Costo hora volqueta16m³:	67.2	\$		Transporte externo	0.46	0.39	0.36

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

El costo de transporte en forma real es el que se determina a continuación considerando factores como el suelo donde se va a circular influyendo en los costos de operación que debemos tomar en cuenta para determinar si los costos en movimiento de tierras serán apropiados, siendo estos:

Tabla No. 30 Costo de transporte

FACTOR DE TRACCION (Ft %)		Determinación de hora volqueta	
TIPOS DE TERRENO	NEUMATICOS		
		Diésel	70
Hormigón o asfalto	0.9	Chofer	30
Arcilla seca	0.55	Consumo de neumáticos	25
Arcilla húmeda	0.45	Costo en relación al tipo de suelo	10.15
Mina seca	0.2	Lubricantes	50
Mina húmeda	0.4	Amortización	62
Canteras	0.65	Depreciación	170
Camino de grava suelta	0.36	Total \$ Día:	417.15
Nieve	0.2	Total \$ Hora:	52.14
Hielo	0.12		
Tierra firme	0.55		
Tierra suelta	0.45		
Carbón apilado	0.45		
Total	5.28		
Promedio	0.41		

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Tabla No. 31 Costo real de transporte

Recorrido(km)				Calculo de carga			
Material	0	km		m³:	8	12	16
Escombrera	3.9	km		#Paladas	5.3	8	10.67
km extra	0.1	km		Tiempo de carga (horas)	0.01	0.01	0.01
Total recorrido	4	km		Tiempo de descarga(horas)	0.01	0.02	0.03
Volqueta				Transporte interno(horas)			
m³	8	12	16	Tiempo de transporte	0.2	0.2	0.2
Transporte interno				Tiempo de retorno	0.13	0.13	0.13
Velocidad de transporte:	20	20	20	Transporte externo(horas)			
Velocidad de retorno:	30	30	30	Tiempo de transporte	0.057	0.067	0.067
Transporte externo				Tiempo de retorno	0.057	0.057	0.057
Velocidad de transporte:	70	60	60	Ciclo de volqueta			
Velocidad de retorno:	70	70	70	Transporte interno(horas)	0.35	0.36	0.38
Capacidad de la pala cargadora:	1.5	m³		Transporte externo(horas)	0.13	0.15	0.17
				Costo del ciclo x viaje			
Ciclo de cargadora:	4	seg		Transporte interno	12.14	18.89	26.08
Costo hora Cámara de la Construcción				Transporte externo	4.53	7.96	11.52
Costo hora volqueta:	8m³	34.76		Costo de m³ x km			
Costo hora volqueta:	12 m³	52.14		Transporte interno	0.16	0.16	0.15
Costo hora volqueta:	16m³	69.52		Transporte externo	0.44	0.38	0.35

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

6. LISTA DE EVALUACION GENERAL PARA RIESGOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA

Tabla No. 32 Modelo de control de riesgos.

Reg.	ACTIVIDADES		SUELOS IN SITU		VOLUMEN		EQUIPO	
SEVERIDAD	Riesgo	Evaluación	Riesgo	Evaluación	Riesgo (m³)	Evaluación	Riesgo	Evaluación
DESASTROSO	5		5		>30000		5	
SEVERO	4		4		3000 a 30000		4	
SERIO	3		3		300 a 30000		3	
CONSIDERABLE	2		2		30 a 300		2	
PEQUEÑO	1		1		<30		1	
	TRABAJADORES		DAÑO A TERCEROS		DAÑO A LAS PROPIEDADES DE TERCEROS		DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	
SEVERIDAD	Afectados	Evaluación	Afectados	Evaluación	PERDIDAS (DOLARES)	Evaluación	Riesgo	Evaluación
DESASTROSO	M>10		M>1		>3000		5	
			HG>10					
SEVERO	1<M<10		1M		300 a 3000		4	
	HG>10		1<HG<10					
SERIO	1M		1HG		30 a 3000		3	
	1<HG<10		1<HL<10					
CONSIDERABLE	1HG		1HL		3 a 30		2	
	1<HL<10		-	-				
PEQUEÑO	1HL		-	-	<3		1	
	RETRASO EN OBRA		TOTAL		Frecuencia			
SEVERIDAD	DIAS	Evaluación			Muy probable	Probable	Ocasional	Muy improbable
DESASTROSO	>720		DESASTROSO		Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Evitable
SEVERO	180 a 720		SEVERO		Inaceptable	Inaceptable	Evitable	Evitable
SERIO	60 a 180		SERIO		Inaceptable	Evitable	Evitable	Aceptable
CONSIDERABLE	15 a 60		CONSIDERABLE		Evitable	Evitable	Aceptable	Aceptable
PEQUEÑO	<15		PEQUEÑO		Aceptable	Aceptable	Insignificante	Insignificante

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

7. PREVENCIÓN DE RIESGOS.

El empleador tiene la obligación de proporcionar un ambiente de trabajo seguro para sus empleados. El encargado de realizar movimientos de tierra o manejo de equipos debe revisar el equipo y el lugar de trabajo donde este se va a utilizar, para identificar posibles peligros relacionados con la aplicación o con el lugar de trabajo. Determinando la protección necesaria para el operador, trabajadores y para la máquina. Para el desarrollo de las acciones en movimientos de tierra es necesario mitigar los riesgos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

PROTECCIÓN DEL OPERADOR, TRABAJADORES Y DEL EQUIPO

Cualquier equipo o dispositivo mecánico puede ser peligroso si no se mantiene en buenas condiciones, si lo maneja un operador falto de capacitación o poco cuidadoso o si se hace funcionar de forma irresponsable.

Operadores y trabajadores

- Casco: Cuando se abandona la misma para circular por la obra. El casco de seguridad estará homologado (MT-1).
- Botas de seguridad antideslizantes: Debido a las condiciones en las que se suele trabajar en la obra (con barro, agua, aceite, grasas, etc.).
- Protección de los oídos: Cuando el nivel de ruido sobrepase el margen de seguridad establecido mayor a 80 dB, será obligatorio el uso de auriculares o tapones. Serán homologados (MT-2).
- Ropa de trabajo: No se deben utilizar ropas de trabajo sueltas que puedan ser atrapadas por elementos en movimiento. Se usara ropa que permitirá la protección de lluvias.
- Guantes: Se deberá disponer de guantes de seguridad.
- Protección de la vista: Se deberá hacer uso de gafas de seguridad serán homologadas (MT-10) con el fin de protegerse de la proyección de partículas en operaciones de excavación.

- Cuando el equipo trabaje en la vía pública, deberá estar convenientemente señalizada.
- Protección del aparato respiratorio: Hacer uso de mascarillas (MT-8).

PROTECCION EN ACTIVIDADES DE MOVIMIENTOS DE TIERRA

- La formulación de las medidas de prevención de seguridad y salud ocupacional del personal, así como la aplicación de la ficha de evaluación de la efectividad y mejora de las técnicas de control para la aplicación de medidas correctivas asignados al proceso de construcción de proyectos de alcantarillado pluvial y sanitario, previene todos los riesgos determinados que puedan existir en el sistema, optimizando los métodos constructivos.
- En general, la maquinaria de movimiento de tierras, debe tener sistemas de seguridad, los cuales debe controlarse que están en buen estado de funcionamiento.
- En las excavaciones de laderas con bulldozers, hay que indicar los recorridos y giros para evitar vuelcos. Las pendientes en proximidad de zanjas, en época de lluvias, y por formación de barrizales, pueden ocasionar deslizamientos de los camiones y accidentes al personal.
- Cuando exista un suelo compuesto de roca o duro se usan explosivos o ripado, cuando estos son fangos es necesario emplear medios especiales de transporte, hacer una desecación previa, o utilizar madera del sector para realizar esterillas.
- El transporte de tierras se mide por diferencia entre el volumen de excavación y el volumen de relleno, teniendo en cuenta el coeficiente de esponjamiento considerando la información del área de trabajo.
- Los acopios de áridos no deben situarse debajo de las líneas de alta tensión, ya que si crecen en altura se van aproximando a aquellos.

EQUIPO

Selección de equipos

La selección de un modelo de equipo para obtener una producción óptima requiere coordinar la máquina y el cucharón con los requisitos de producción del usuario, el material y los camiones de transporte. Si se selecciona una excavadora que es demasiado grande puede causar demasiado tiempo esperando al camión para cargar, puede crear 'choques de carga' excesivos en el camión y sobrecarga por encima de la capacidad el camión.

- Determine el tipo de material y el factor de llenado del cucharón. Consulte la tabla de factores de llenado del cucharón (Especificaciones del vendedor del equipo).
- Calcule el tiempo de ciclo o consulte tablas de cálculo de tiempos de ciclo en equipos nuevos o existentes.
- Calcule los ciclos por hora divida los 60 minutos de una hora por el tiempo de ciclo y ajuste el resultado en función de la disponibilidad y las eficiencias mecánicas.
- Calcule la capacidad del cucharón de la cargadora y divida el rendimiento o producción del equipo por hora y ajuste el resultado por la densidad del material y el factor de llenado.
- Seleccione el equipo para el tamaño necesario de cucharón. Consultando el manual de rendimientos para comparar los modelos de máquina y las gamas de cucharones.
- Seleccione los camiones basándose en el número de ciclos para llenar el camión.

En el ANEXO A, relacionado con equipos se muestra las diferentes fórmulas para el cálculo de rendimientos y determinación de equipos.

- Familiarizarse con el o los equipos de trabajo requeridos.

- Conocer las dimensiones del equipo y el área de trabajo donde se va a maniobrar.
- Conocer los requisitos del trabajo y estar al tanto de las otras máquinas que trabajan en la zona y de las condiciones de peligro que se puedan presentar.
- Conocer las Balizas o señales del área de trabajo.
- Leer y comprender el Manual de Operación y Mantenimiento del equipo.
- Desviar causes de agua que produzcan inestabilidad en los bancos de tierra.
- Regular adecuadamente el asiento del equipo.
- Revisar constantemente los bancos de tierra.

Cuando se inmovilice el equipo

- Colocar la máquina en terreno llano. Bloquear las ruedas o las cadenas.
- Colocar la cuchara apoyada en el suelo. Si se debe mantener la cuchara levantada se inmovilizará adecuadamente.
- Desconectar la batería para impedir un arranque súbito de la máquina.
- No quedarse entre las ruedas o sobre las cadenas, bajo la cuchara o el brazo.
- No colocar nunca una pieza metálica encima de los bornes de la batería.
- Utilizar un medidor de carga para verificar la batería.
- No utilizar nunca un mechero o cerillas para ver dentro del motor.
- Aprender a utilizar los extintores.
- Conservar la máquina en buen estado de limpieza.

TRANSPORTE

Mantenimiento de los neumáticos

- Para cambiar una rueda, colocar los estabilizadores.
- No utilizar nunca la pluma o la cuchara para levantar la máquina.
- Utilizar siempre una caja de inflado, cuando la rueda no está sobre la máquina.
- Cuando se esté inflando una rueda no permanecer enfrente de la misma sino en el lateral.

- No cortar ni soldar encima de una llanta con el neumático inflado.

Transporte de la máquina

- Estacionar el remolque en zona llana.
- Comprobar que la longitud de remolque es la adecuada para transportar la máquina (Para evitar multas).
- Comprobar que las rampas de acceso pueden soportar el peso de la máquina.
- Bajar la cuchara en cuanto se haya subido la máquina al remolque.
- Si la cuchara no cabe en la longitud del remolque, se desmontará.
- Quitar la llave de contacto.
- Sujetar fuertemente las ruedas a la plataforma del terreno.
- Colocar cadenas y sujetadores en buen estado.
- Colocar cintas preventivas a lo largo del remolque.
- Cubrir ventanas del equipo para evitar roturas.

MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS

- Bajarla presión del circuito hidráulico antes de quitar el tapón de vaciado, así mismo cuando se realice el vaciado del aceite vigilar que no esté caliente.
- Si se tiene que dejar elevado el brazo y la cuchara, se procederá a su inmovilización antes de empezar el trabajo.
- Realizar la evacuación de los gases del tubo de escape directamente al exterior del local.
- Cuando se arregle la tensión de las correas del motor, éste estará parado.
- Antes de arrancar el motor, comprobar que no se haya dejado ninguna herramienta encima del mismo.
- Utilizar guantes, gafas y zapatos de seguridad.
- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte, cerca de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.
- Limpiar y desgasificar los recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables.

- Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.
- No utilizar el oxígeno para limpiar o soplar piezas o tuberías, etc., o para ventilar una estancia, pues el exceso de oxígeno incrementa el riesgo de incendio.
- Los grifos y los manorreductores de las botellas de oxígeno deben estar siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo. Las grasas pueden inflamarse espontáneamente por acción del oxígeno.
- Las botellas de acetileno llenas se deben mantener en posición vertical, al menos 12 horas antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas, se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, pero en ningún caso a menos de 50 cm del suelo.
- Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.
- Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y conectarse a las botellas correctamente, sabiendo que las de oxígeno son rojas y las de acetileno negras, teniendo estas últimas un diámetro mayor que las primeras.
- Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos o caigan sobre ellas chispas procurando que no formen bucles.
- No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.
- Las mangueras no deben dejarse enrolladas sobre las ojivas de las botellas.
- No limpiar nunca las piezas con gasolina.
- Trabajar en un lugar ventilado.
- NO FUMAR.
- Antes de empezar las reparaciones, quitar la llave de contacto, bloquear la máquina y colocar letreros indicando que no se manipulen los mecanismo.
- Si varios mecánicos trabajan en la misma máquina, sus trabajos deberán ser coordinados y conocidos entre ellos.

RECOMENDACIONES GENERALES

- No ingerir bebidas alcohólicas antes y durante el trabajo.
- No tomar medicamentos sin prescripción facultativa, especialmente tranquilizantes.
- No realizar carreras, ni bromas a los demás conductores.
- Estar únicamente atento al trabajo.
- No transportar a nadie en la cuchara.
- Cuando alguien debe guiar al maquinista, éste no lo perderá nunca de vista.
- No dejar nunca que este ayudante toque los mandos.
- Encender los faros al final del día para ver y ser visto.

COSTOS

Una excavación es más barata si se realiza con medios mecánicos y con la mínima e imprescindible mano del hombre.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

- La implementación del Manual de Gestión de Riesgos debe ser realizada paulatinamente, con la correcta formación de los profesionales activos, así como con la colaboración de expertos externos si fuera posible para maximizar sus logros.
- Un operador con experiencia, trabajando en condiciones apropiadas y usando una máquina adecuada se obtiene un óptimo rendimiento.
- En base al costo referencial de la Cámara de Construcción que es de 4.7 \$/m³. Se obtuvo el costo de excavación en m³ en porcentaje del 25.48% de diferencia al costo real del movimiento de tierras.
- En el caso del Costo por hora de volquetas se determinó como referencial el costo de 34,76 \$/h de una volqueta de 8m³. Se obtuvo una diferencia de 15.22% de diferencia entre el costo referencial y el real.
- Disminuye la probabilidad de daño a personas al estar menos personal involucrado en la ejecución de los trabajos.
- La mecanización en las obras permite aumentar la productividad, reducir los plazos de ejecución y disminuir los costes de mano de obra
- El tráfico interno de la obra, se refiere no sólo al de los vehículos, sino al de las personas, destino y lugares de acopios (Logística).
- La mecanización en las obras hace que con muy poco personal se consigan altos rendimientos

- Disponer de un exceso de maquinaria y/o utilizarla en trabajos ha de realizar que el hombre ocasione perjuicios y situaciones de riesgo
- Los costos de implementación del Manual de Gestión de Riesgos, así como la relación de costo beneficio expuesta, provee las bases fundamentales de factibilidad del sistema para su aplicación dentro de la práctica profesional, priorizando así la protección vital y funcional de todos los trabajadores del predio.
- La cuantificación de los riesgos nos permitirá ver si el proyecto es viable en sus recursos económicos, pérdidas o accidentes laborales, a lo largo del proyecto. Es indispensable especificar las responsabilidades del contratista y adjuntar al documento de política de gestión de riesgos, incluyendo los criterios de los trabajadores, responsables a cargo de la contratación del personal así como el personal encargado en la ejecución de las obras civiles en especial los que se encuentran expuestos al riesgo de trabajo.
- Consultar siempre el Manual de Operación y Mantenimiento apropiado para obtener la información específica sobre equipos.

6.2 Recomendaciones.

- Toda EPP estará homologada siempre que lo exija la normativa vigente.
- Advertencia a los conductores que después de la comida se cercioren que no hay nadie recostado a la sombra del vehículo. A pesar de la existencia de comedores se han dado casos de accidentes de atropello por este motivo, si las máquinas pasan cerca de taludes pueden ocasionar su desplome y vuelco de estas.
- Las funciones de los inspectores solamente son las de control y seguimiento de los posibles riesgos observados, más no las de corregirlos, puesto que esta función se la determina conjuntamente en los comités de gestión de riesgo.
- El control del riesgo durante el tiempo es necesario gestionarlo eficientemente, destinando una parte del presupuesto total a este menester, puesto que la seguridad de los trabajadores acorde a la legislación es responsabilidad de los administradores, directores de obra y constructores.
- El registro de las actividades debe ser ordenado, y si fuera posible mantenido bajo base de datos informática mediante programas de gestión de riesgos indicados, de donde se puede obtener información cronológica que mida la efectividad de las medidas de corrección, si sigue siendo necesario la aplicación de los mismos o si es necesario la medida con una mayor severidad.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía en Libros

- JAYA, Salomón (2009). Gestión de Riesgos para el proyecto de Transporte, Ecuador.
- MENEU, Vicente (1994), Análisis y gestión de riesgos de interés, Editorial Ariel.
- PÉREZ, Ángel Javier (2005). Prevención de Riesgos Laborales, Primera Edición.
- CORTES, José María. (2007). Seguridad E Higiene Del Trabajo. Técnicas de prevención de riesgos laborables. Editorial Tébar.
- DAMANI, N. (2004). Gestión de Riesgos. Londres, Reino Unido. Editorial Theific.
- VAZQUEZ, Ignacio (2012). Gestión de riesgos en proyectos de túneles. Editorial Uniroja.
- GALABRU, Paul (2002). Tratado de procedimientos generales de construcción: maquinaria general en obras y movimientos de tierra.
- PETERS, J.J. (2010). Transporte en suspensión y de arrastre de sedimentos. Editorial Marimorph, México.
- NICHOLS, Herbert L. (1966). Movimiento de tierras, Manual de excavaciones. Editorial CONTINENTAL, México.
- VOGEL (1995). La evolución de los riesgos en los centros de trabajo y la participación de los trabajadores. Madrid, España: UCM.
- INSHT (2004). Ambientes explosivos en el lugar de trabajo. Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, España.
- ISTAS (2005). Curso básico de Gestión de Riesgos de PYME. Valencia, España.

- LIZARAZO, C. (2008). Gestión de Riesgos de Seguridad Ocupacional en Proyectos de Ingeniería. Bogotá, Colombia: PUJ.
- RUBIO ROMERO, J. C., & Rubio Gámez, M. d. (2009). Manual de coordinación de seguridad y salud en las obras de construcción. En J. C. Rubio Romero, & M. d. Rubio Gámez, Manual de coordinación de seguridad y salud en las obras de construcción.
- DÍAZ DEL RÍO, Manuel. (1996). Maquinaria de Construcción. Publicación de la E.U. Ingeniería Técnica de Obras Públicas de Madrid. 5º Edición.
- TIKTIN, Juan. (1997). Movimiento de Tierras. Publicación del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.
- BRAJA, M Das. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Editorial Thompson, México.
- ROGERS, John J. W. (1999). Fundamentos de Geología. Editorial Omega. Barcelona, España.
- Constitución de la República del Ecuador Asamblea Constituyente, (2008).
- Prevención de Riesgos Laborales, Revista PRL (2011).
- CÓDIGO DEL TRABAJO (2015), Registro oficial suplemento 167 de 15-dic-2005.
- IESS (2010), Resolución No. C.D. 333 Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social.
- LEY DE EJERCICIO PROFESIONAL DE LA INGENIERIA CIVIL (2012), Ecuador.

Bibliografía en Sitos Web

- Ringen, Knut; Jane L. Seegal y Weeks, James L. (2005), Enciclopedia y seguridad en el trabajo, tomado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/93.pdf>
- OIT (2009). Normas de la Oficina Internacional del Trabajo sobre seguridad y salud en el trabajo. Madrid: International Labour Organization.
- Instituto navarro de seguridad España, (2010). Maquinaria de Movimiento de Tierras. <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/CCC6D958-A01B-4E45-BE6A->
- Manual de equipos Caterpillar, (2015). http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment.html
- Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España, (1985). <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>

ANEXOS

ANEXO A

EVALUACION DE EQUIPOS

Evaluación de Mini cargador.

MINICARGADORES		216	226	232	236	242	246	252	256	262	272
POTENCIA (HP)		51	62	62	75	62	75	75	84	84	94
PESO (kg)		5814	6087	6683	7446	7398	7950	8271	7950	8358	8710
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)											
AVANCE	1	12.7	12.7	11.1	12.1	12	12.5	11.9	12.5	12.5	11.6
RETROCESO	1	12.7	12.7	11.1	12.1	12	12.5	11.9	12.5	12.5	11.6
ESFUERZO TRACTOR											
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[Kg]		1099.3	1336.4	1529.1	1696.8	1414.4	1642.5	1725.3	1839.6	1839.6	2218.3
		1099.3	1336.4	1529.1	1696.8	1414.4	1642.5	1725.3	1839.6	1839.6	2218.3
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft)[kg]	FACTOR DE TRACCION (Ft %)	Pendiente: $\alpha = 0^\circ$									
	TIPOS DE TERRENO	NEUMATICOS									
	Hormigón o asfalto	0.9	6460.0	6763.3	7425.6	8273.3	8220.0	8833.3	9190.0	8833.3	9286.7
	Arcilla seca	0.55	10570.9	11067.3	12150.9	13538.2	13450.9	14454.5	15038.2	14454.5	15196.4
	Arcilla húmeda	0.45	12920.0	13526.7	14851.1	16546.7	16440.0	17666.7	18380.0	17666.7	18573.3
	Mina seca	0.2	29070.0	30435.0	33415.0	37230.0	36990.0	39750.0	41355.0	39750.0	41790.0
	Mina húmeda	0.4	14535.0	15217.5	16707.5	18615.0	18495.0	19875.0	20677.5	19875.0	20895.0
	Canteras	0.65	8944.6	9364.6	10281.5	11455.4	11381.5	12230.8	12724.6	12230.8	12858.5
	Camino de grava suelta	0.36	16150.0	16908.3	18563.9	20683.3	20550.0	22083.3	22975.0	22083.3	23216.7
	Nieve	0.2	29070.0	30435.0	33415.0	37230.0	36990.0	39750.0	41355.0	39750.0	41790.0
	Hielo	0.12	48450.0	50725.0	55691.7	62050.0	61650.0	66250.0	68925.0	66250.0	69650.0
	Tierra firme	0.55	10570.9	11067.3	12150.9	13538.2	13450.9	14454.5	15038.2	14454.5	15196.4
	Tierra suelta	0.45	12920.0	13526.7	14851.1	16546.7	16440.0	17666.7	18380.0	17666.7	18573.3
	Carbón apilado	0.45	12920.0	13526.7	14851.1	16546.7	16440.0	17666.7	18380.0	17666.7	18573.3
La pendiente permisible es hasta 45°											
FACTOR DE TRANSFORMACION		1HP	=	273749.4	kg.m	EVALUACION					
					h	Tu > TD ADHERENCIA					
		1km	=	1000	m	Tu < TD DESLIZAMIENTO					

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Evaluación de Cargadora.

CARGADORA		924	928	930	938	950	962	966	972	980	
POTENCIA (HP)		130	150	150	180	196	211	262	287	349	
PESO (kg)		11327	12564	12970	14885	18091	18890	23360	25329	29792	
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)											
AVANCE	1	9	8.1	6.9	7.9	6.9	7	6.7	7.2	6.6	
RETROCESO	1	9	8.1	8.9	7.9	7.6	7.6	7.4	8.2	7.6	
ESFUERZO TRACTOR											
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[kg]		3954.2	5069.4	5951.1	6237.3	7776.1	8251.6	10704.8	10912.0	14475.5	
		3954.2	5069.4	4613.8	6237.3	7059.9	7600.1	9692.2	9581.2	12570.9	
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft) [kg]	FACTOR DE TRACCION (Ft %)	Pendiente: α=		0°							
	TIPOS DE TERRENO	NEUMATICOS									
	Hormigón o asfalto	0.9	12585.6	13960.0	14411.1	16538.9	20101.1	20988.9	25955.6	28143.3	33102.2
	Arcilla seca	0.55	20594.5	22843.6	23581.8	27063.6	32892.7	34345.5	42472.7	46052.7	54167.3
	Arcilla húmeda	0.45	25171.1	27920.0	28822.2	33077.8	40202.2	41977.8	51911.1	56286.7	66204.4
	Mina seca	0.2	56635.0	62820.0	64850.0	74425.0	90455.0	94450.0	116800.0	126645	148960.0
	Mina húmeda	0.4	28317.5	31410.0	32425.0	37212.5	45227.5	47225.0	58400.0	63322.5	74480.0
	Canteras	0.65	17426.2	19329.2	19953.8	22900.0	27832.3	29061.5	35938.5	38967.7	45833.8
	Camino de grava suelta	0.36	31463.9	34900.0	36027.8	41347.2	50252.8	52472.2	64888.9	70358.3	82755.6
	Nieve	0.2	56635.0	62820.0	64850.0	74425.0	90455.0	94450.0	116800.0	126645	148960.0
	Hielo	0.12	94391.7	104700.0	108083.3	124041.7	150758.3	157416.	194666.7	211075.	248266.7
	Tierra firme	0.55	20594.5	22843.6	23581.8	27063.6	32892.7	34345.5	42472.7	46052.7	54167.3
	Tierra suelta	0.45	25171.1	27920.0	28822.2	33077.8	40202.2	41977.8	51911.1	56286.7	66204.4
Carbón apilado	0.45	25171.1	27920.0	28822.2	33077.8	40202.2	41977.8	51911.1	56286.7	66204.4	
La pendiente permisible es hasta 45°											
FACTOR DE TRANSFORMACION		1HP	=	273749.4	kg.m	EVALUACION					
					h	Tu >Td ADHERENCIA					
		1km	=	1000	m	Tu <TD DESLIZAMIENTO					

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Evaluación de Retroexcavadora.

RETROEXCAVADORA		416	420	422	428	430	442	450	
POTENCIA (HP)		74	89	74	80	97	97	124	
PESO (kg)		6792	7025	7210	7570	7294	7940	10950	
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)									
AVANCE	1	6	6	6	6	5.9	6	6	
RETROCESO	1	6	6	6	6	5.9	6	6	
ESFUERZO TRACTOR									
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[kg]		3376.2	4060.6	3376.2	3650.0	4500.6	4425.6	5657.5	
		3376.2	4060.6	3376.2	3650.0	4500.6	4425.6	5657.5	
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft)[kg]	FACTOR DE TRACCION (Ft %)	Pendiente: α=			0°				
	TIPOS DE TERRENO	NEUMATICOS							
	Hormigón o asfalto	0.9	7546.7	7805.6	8011.1	8411.1	8104.4	8822.2	12166.7
	Arcilla seca	0.55	12349.1	12772.7	13109.1	13763.6	13261.8	14436.4	19909.1
	Arcilla húmeda	0.45	15093.3	15611.1	16022.2	16822.2	16208.9	17644.4	24333.3
	Mina seca	0.2	33960.0	35125.0	36050.0	37850.0	36470.0	39700.0	54750.0
	Mina húmeda	0.4	16980.0	17562.5	18025.0	18925.0	18235.0	19850.0	27375.0
	Canteras	0.65	10449.2	10807.7	11092.3	11646.2	11221.5	12215.4	16846.2
	Camino de grava suelta	0.36	18866.7	19513.9	20027.8	21027.8	20261.1	22055.6	30416.7
	Nieve	0.2	33960.0	35125.0	36050.0	37850.0	36470.0	39700.0	54750.0
	Hielo	0.12	56600.0	58541.7	60083.3	63083.3	60783.3	66166.7	91250.0
	Tierra firme	0.55	12349.1	12772.7	13109.1	13763.6	13261.8	14436.4	19909.1
	Tierra suelta	0.45	15093.3	15611.1	16022.2	16822.2	16208.9	17644.4	24333.3
	Carbón apilado	0.45	15093.3	15611.1	16022.2	16822.2	16208.9	17644.4	24333.3
La pendiente permisible es hasta 45°									
FACTOR DE TRANSFORMACION		1HP	=	273749.4	kg.m	EVALUACION			
					h	Tu >TD ADHERENCIA			
		1km	=	1000	m	Tu <TD DESLIZAMIENTO			

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Evaluación Excavadora.

EXCAVADORA		311	312	315	320		324		329		336		345	
POTENCIA (HP)		80	90	115	138	148	166	188	188	204	268	268	380	380
PESO (kg)		12710	13470	17280	22800	24000	24240	26060	26900	29240	33750	36151	45375	52230
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)														
BAJA		3.5	3.9	3.5	3.5	3.5	5.5	5.4	4.2	5.3	5	5	3.5	4.7
ALTA		5.1	5.5	5.6	5.5	5.5	-	-	-	-	-	-	4.7	-
ESFUERZO TRACTOR														
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[kg]		6257.1	6317.3	8994.6	10793.5	11575.7	8262.3	9530.5	12253.5	10536.8	14673.0	14673.0	29721.4	22132.9
		4294.1	4479.5	5621.6	6868.6	7366.3	-	-	-	-	-	-	22132.9	-
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft)[kg]	FACTOR DE TRACCION (Ft %)	Pendiente: $\alpha = 0^\circ$												
	TIPOS DE TERRENO	CADENAS												
	Hormigón o asfalto	0.45	28244.4	29933.3	38400.0	50666.7	53333.3	53866.7	57911.1	59777.8	64977.8	75000.0	80335.6	100833.3
	Arcilla seca	0.9	14122.2	14966.7	19200.0	25333.3	26666.7	26933.3	28955.6	29888.9	32488.9	37500.0	40167.8	50416.7
	Arcilla húmeda	0.7	18157.1	19242.9	24685.7	32571.4	34285.7	34628.6	37228.6	38428.6	41771.4	48214.3	51644.3	64821.4
	Mina seca	0.3	42366.7	44900.0	57600.0	76000.0	80000.0	80800.0	86866.7	89666.7	97466.7	112500.0	120503.3	151250.0
	Mina húmeda	0.5	25420.0	26940.0	34560.0	45600.0	48000.0	48480.0	52120.0	53800.0	58480.0	67500.0	72302.0	90750.0
	Canteras	0.55	23109.1	24490.9	31418.2	41454.5	43636.4	44072.7	47381.8	48909.1	53163.6	61363.6	65729.1	82500.0
	Camino de grava suelta	0.5	25420.0	26940.0	34560.0	45600.0	48000.0	48480.0	52120.0	53800.0	58480.0	67500.0	72302.0	90750.0
	Nieve	0.27	47074.1	49888.9	64000.0	84444.4	88888.9	89777.8	96518.5	99629.6	108296.3	125000.0	133892.6	168055.6
	Hielo	0.12	105916.7	112250.0	144000.0	190000.0	200000.0	202000.0	217166.7	224166.7	243666.7	281250.0	301258.3	378125.0
	Tierra firme	0.9	14122.2	14966.7	19200.0	25333.3	26666.7	26933.3	28955.6	29888.9	32488.9	37500.0	40167.8	50416.7
	Tierra suelta	0.6	21183.3	22450.0	28800.0	38000.0	40000.0	40400.0	43433.3	44833.3	48733.3	56250.0	60251.7	75625.0
	Carbón apilado	0.6	21183.3	22450.0	28800.0	38000.0	40000.0	40400.0	43433.3	44833.3	48733.3	56250.0	60251.7	75625.0
La pendiente permisible es hasta 45°														
FACTOR DE TRANSFORMACION		1HP	=	273749.4	kg.m	EVALUACION								
					h	Tu >TD ADHERENCIA								
		1km	=	1000	m	Tu <TD DESLIZAMIENTO								

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Evaluación de Tractor topador.

TRACTOR		D3		D4		D5		D6		
POTENCIA (HP)		74		84		96		125	200	
PESO (kg)		7800	8100	8200	8500	9400	9700	12900	21800	
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)										
AVANCE		1	3.1	3.1		3.1		3.8		
RETROCESO		1	3.8	3.8		3.8		4.8		
PRESIONES SOBRE EL SUELO										
ANCHO DE ZAPATA	mm	406	635	460	635	510	770	510	991	
	pulg	16	25	18	25	20	30	20	39	
ÁREA DE CONTACTO	m²	1.7	2.7	2.1	2.9	2.4	4.01	2.7	6.49	
	pulg²	2.64	4.12	3.21	4.43	3.652	6.2	4.185	10.1	
PRESIÓN SOBRE EL SUELO	kPa	44.8	29.7	38.6	29.2	39.1	33.4	46.7	32.9	
	lb/pulg²	6.5	4.3	5.6	4.24	5.67	4.85	6.77	4.77	
ESFUERZO TRACTOR										
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[kg]		6534.7		7417.7		8477.4		9004.9	14407.9	
		5330.9		6051.3		6915.8		7128.9	11406.2	
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft) [kg]	FACTOR DE TRACCION (Ft %)		Pendiente: α=		0°					
	TIPOS DE TERRENO		CADENAS							
	Hormigón o asfalto	0.45	17333.3	18000.0	18222.2	18888.9	20888.9	21555.6	28666.7	48444.4
	Arcilla seca	0.9	8666.7	9000.0	9111.1	9444.4	10444.4	10777.8	14333.3	24222.2
	Arcilla húmeda	0.7	11142.9	11571.4	11714.3	12142.9	13428.6	13857.1	18428.6	31142.9
	Mina seca	0.3	26000.0	27000.0	27333.3	28333.3	31333.3	32333.3	43000.0	72666.7
	Mina húmeda	0.5	15600.0	16200.0	16400.0	17000.0	18800.0	19400.0	25800.0	43600.0
	Canteras	0.55	14181.8	14727.3	14909.1	15454.5	17090.9	17636.4	23454.5	39636.4
	Camino grava suelta	0.5	15600.0	16200.0	16400.0	17000.0	18800.0	19400.0	25800.0	43600.0
	Nieve	0.27	28888.9	30000.0	30370.4	31481.5	34814.8	35925.9	47777.8	80740.7
	Hielo	0.12	65000.0	67500.0	68333.3	70833.3	78333.3	80833.3	107500.0	181666.7
	Tierra firme	0.9	8666.7	9000.0	9111.1	9444.4	10444.4	10777.8	14333.3	24222.2
	Tierra suelta	0.6	13000.0	13500.0	13666.7	14166.7	15666.7	16166.7	21500.0	36333.3
	Carbón apilado	0.6	13000.0	13500.0	13666.7	14166.7	15666.7	16166.7	21500.0	36333.3
La pendiente permisible es hasta 45°										
FACTOR DE TRANSFORMACION		1HP =		273749.4		kg.m		EVALUACION		
		1km =		1000		h m		Tu >TD ADHERENCIA		
								Tu <TD DESLIZAMIENTO		

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Evaluación de Motoniveladora.

MOTONIVELADORA			120		12		140		160		14M	16M	24M
POTENCIA (HP)			145	138	165	158	190	183	206	213	259	297	533
PESO (kg)			13032	14093	14334	14522	14768	15130	15785	15903	21379	26060	62456
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)													
AVANCE			45.7	44.5	44.8	44.5	46.8	46.6	46.4	47.4	49.8	53.9	43
RETROCESO			36.1	37.8	35.4	37.8	37	36.8	36.6	37.4	39.4	42.6	41.2
PROFUNDIDAD ESCARIFICADOR (cm)			29.2	46.7									
ESFUERZO TRACTOR													
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[kg]			868.6	848.9	1008.2	972.0	1111.4	1075.0	1215.4	1230.1	1423.7	1508.4	3393.2
			1099.5	999.4	1276.0	1144.2	1405.7	1361.3	1540.8	1559.1	1799.5	1908.5	3541.5
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft) [kg]	FACTOR DE TRACCION (Ft %)		Pendiente: α= 0°										
	TIPOS DE TERRENO	NEUMATICOS											
	Hormigón o asfalto	0.9	141904	153457.1	156081.3	158128.4	160807.1	164748.9	171881.1	173166.0	232793.6	283764.4	680076.4
	Arcilla seca	0.55	232206	251111.6	255405.8	258755.6	263138.9	269589.1	281260.0	283362.5	380934.9	464341.8	1112852.4
	Arcilla húmeda	0.45	283808	306914.2	312162.7	316256.9	321614.2	329497.8	343762.2	346332.0	465587.1	567528.9	1360152.9
	Mina seca	0.2	638568	690557.0	702366.0	711578.0	723632.0	741370.0	773465.0	779247.0	1047571.0	1276940.0	3060344.0
	Mina húmeda	0.4	319284	345278.5	351183.0	355789.0	361816.0	370685.0	386732.5	389623.5	523785.5	638470.0	1530172.0
	Canteras	0.65	196482	212479.1	216112.6	218947.1	222656.0	228113.8	237989.2	239768.3	322329.5	392904.6	941644.3
	Camino de grava suelta	0.36	354760	383642.8	390203.3	395321.1	402017.8	411872.2	429702.8	432915.0	581983.9	709411.1	1700191.1
	Nieve	0.2	638568	690557.0	702366.0	711578.0	723632.0	741370.0	773465.0	779247.0	1047571.0	1276940.0	3060344.0
	Hielo	0.12	1064280	1150928.3	1170610.0	1185963.3	1206053.3	1235616.7	1289108.3	1298745.0	1745951.7	2128233.3	5100573.3
	Tierra firme	0.55	232206	251111.6	255405.8	258755.6	263138.9	269589.1	281260.0	283362.5	380934.9	464341.8	1112852.4
	Tierra suelta	0.45	283808	306914.2	312162.7	316256.9	321614.2	329497.8	343762.2	346332.0	465587.1	567528.9	1360152.9
	Carbón apilado	0.45	283808	306914.2	312162.7	316256.9	321614.2	329497.8	343762.2	346332.0	465587.1	567528.9	1360152.9
La pendiente permisible es hasta 45°													
FACTOR DE TRANSFORMACION			1HP = 273749.4 kg.m				EVALUACION						
			h				Tu >TD ADHERENCIA						
			1km = 1000 m				Tu <TD DESLIZAMIENTO						

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

Evaluación de Compactadora.

COMPACTADORA		TAMBOR PATA DE CABRA					TAMBOR LISO							
		CP44	CP533	CP54	CP56	CP68	CS423	CS44	CS533		CS54	CS56	CS68	
POTENCIA (HP)		100	130	131	157	157	83	100	130	130	131	157	157	
PESO (kg)		7635	11680	11135	11665	14685	6900	7240	10840	12360	10555	11665	14325	
VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO (km/h)														
AVANCE	1	12.3	12	11	11.4	11.4	11.5	12.3	12	12	11	11.4	11.4	
RETROCESO	1	12.3	12	11	11.4	11.4	11.5	12.3	12	12	11	11.4	11.4	
ESFUERZO TRACTOR														
TRACCION DISPONIBLE (Td=Pot/V)[kg]		2225.6	2965.6	3260.1	3770.1	3770.1	1975.8	2225.6	2965.6	2965.6	3260.1	3770.1	3770.1	
		2225.6	2965.6	3260.1	3770.1	3770.1	1975.8	2225.6	2965.6	2965.6	3260.1	3770.1	3770.1	
TRACCION UTILIZABLE (Tu=WD/ft) [kg]	Pendiente: α=	0°												
	TIPOS DE TERRENO	FACTOR DE TRACCION (Ft %)	NEUMATICOS											
	Hormigón o asfalto	0.9	8483.3	12977.8	12372.2	12961.1	16316.7	7666.7	8044.4	12044.4	13733.3	11727.8	12961.1	15916.7
	Arcilla seca	0.55	13881.8	21236.4	20245.5	21209.1	26700.0	12545.5	13163.6	19709.1	22472.7	19190.9	21209.1	26045.5
	Arcilla húmeda	0.45	16966.7	25955.6	24744.4	25922.2	32633.3	15333.3	16088.9	24088.9	27466.7	23455.6	25922.2	31833.3
	Mina seca	0.2	38175.0	58400.0	55675.0	58325.0	73425.0	34500.0	36200.0	54200.0	61800.0	52775.0	58325.0	71625.0
	Mina húmeda	0.4	19087.5	29200.0	27837.5	29162.5	36712.5	17250.0	18100.0	27100.0	30900.0	26387.5	29162.5	35812.5
	Canteras	0.65	11746.2	17969.2	17130.8	17946.2	22592.3	10615.4	11138.5	16676.9	19015.4	16238.5	17946.2	22038.5
	Camino de grava suelta	0.36	21208.3	32444.4	30930.6	32402.8	40791.7	19166.7	20111.1	30111.1	34333.3	29319.4	32402.8	39791.7
	Nieve	0.2	38175.0	58400.0	55675.0	58325.0	73425.0	34500.0	36200.0	54200.0	61800.0	52775.0	58325.0	71625.0
	Hielo	0.12	63625.0	97333.3	92791.7	97208.3	122375.0	57500.0	60333.3	90333.3	103000.0	87958.3	97208.3	119375.0
	Tierra firme	0.55	13881.8	21236.4	20245.5	21209.1	26700.0	12545.5	13163.6	19709.1	22472.7	19190.9	21209.1	26045.5
	Tierra suelta	0.45	16966.7	25955.6	24744.4	25922.2	32633.3	15333.3	16088.9	24088.9	27466.7	23455.6	25922.2	31833.3
Carbón apilado	0.45	16966.7	25955.6	24744.4	25922.2	32633.3	15333.3	16088.9	24088.9	27466.7	23455.6	25922.2	31833.3	
La pendiente permisible es hasta 45°														
FACTOR DE TRANSFORMACION		1HP	=	273749.4		kg.m	EVALUACION							
						h	Tu >TD ADHERENCIA							
		1km	=	1000		m	Tu <TD DESLIZAMIENTO							

Elaborado por: Freddy Correa Paredes.

ANEXO B

TABLAS DE RENDIMIENTO

Rendimiento de excavación a mano

Rendimiento medio de un peón en excavación, extracción y relleno	
En tierra floja	6 - 7 m ³ /día
En tierra media	4 - 5 m ³ /día
En tierra dura	2.5 - 3 m ³ /día
En terreno de tránsito	1.5 - 2 m ³ /día
Relleno	7 m ³ /día
Fuerza media de peón para palear	
1.6 a 1.8m. en altura	
3 a 4 m. en horizontal	
2 a 3 m. salvando un desnivel de 1m	

Fuente: Galabru (2002).

TABLAS DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS

Rendimiento de un martillo perforador accionado por compresor

Operación:		Perforación, dinamitado	
Compresor:		25 y 120 CV	
		PERFORACIÓN ϕ 32-45 mm. (m/h)	
Roca muy dura		4.00 - 5.00	
Roca dura		5.00 - 6.00	
Roca media		6.00 - 7.00	
Roca blanda		7.00 - 8.00	
Explosivos:		Dinamita goma	
		Dinamita	
$e = 1.3 d$	e: es la separación entre barrenos a lo largo de la línea de disposición		
$d = \frac{\alpha \cdot H}{2 \cdot \beta}$	d: es la mínima distancia entre esta línea y el frente de cantera		
	α	β	a y β : Parámetros característicos del material (t/m³)
Basalto	800	2000	
Granito	800	1000	
Cuarzo	300	1000	
Caliza densa	500	1000	
Caliza media	300	300	
Valores caracterizados en la determinación de la carga de los barrenos			
$v = d$ $H_p = H - 2v$ $L = H + 0.3 d$	Carga en Hp (kg)	$Q_c = [0.4 (0.07d + Cd^2)] H_p$	BARRENO AISLADO
	Carga de fondo	$Q_c = 2.5 l_p d$	
C1: parámetro "resistencia al tiro", tiene un valor medio de 0.4 kg/m³			
Carga total:	$Q_c = l_p H_p + 2.5 l_p d = l_p [L + 0.2 d]$		
$Q = \frac{f}{S} \cdot \frac{E}{d} \cdot 0.8 Q_t$	f : Factor de fijación en el fondo: 0.75/0.9		VARIOS BARRENOS
	S : Depende del tipo de explosivo:		
	1.27 para la Goma pura		
	0.83 para la Nagolita		
Diámetro de cada barreno			
$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi(L-d)\delta}}$	δ : Densidad del recatado (kg/dm3), pudiendo tomar los siguientes valores:		
	1,4 para la Dinamita	0,8 para la Nagolita	
$q = \frac{Q}{HdE} = \frac{Q}{1.3d^2 H}$	carga específica por metro cúbico de roca extraída		

Fuente: Herbert. (2000)

Aplicaciones para uso del Bulldozer.

Operacion:		Excavación y transporte		Ee : Esfuerzo arranque en Kg
Esfuerzo de Excavación:		Ee = [C1+C2H] l		h : Espesor tongada en cm
Valores de los coeficientes		C1	C2	H : Altura tierras arrastradas en cm
Tierra común		140	6.5	C1 y C2 Coeficientes
Arena y grava		115	9	Vc : Capacidad de la cuchilla(m3 material esponjado)
Piedra suelta		190	8	Fe : Factor de eficacia de la máquina(Varia entre el 70 y 80%)
Arcilla o material granular		230	7	(Depende del operador, condicion del equipo, tipo de trabajo y terreno)
Rendimiento:	$R\left(m^3/h\right)=\frac{V_c \cdot 60 \cdot Fe \cdot Ct}{T_c} \cdot n$			Ct : Coeficiente de transformación.
(Depende del material transportado cubicado en s/perfil, esponjado o compactado)				
Tc : Tiempo empleado en el ciclo(min).				
Tc:Tiempo fijo (empleado en maniobras)+ tiempo variable (depende de la distancia y la velocidad de marcha)				
N : Coeficiente de gestión, acoplamiento al tajo y adaptación. Varía entre 0.8 y 0.9.				
ε: Valor asociado al número de dientes que utiliza el bulldozer				
Operacion:		Ripado		
Vs: VELOCIDAD SÍSMICA (m/seg.)		RIPABILIDAD		
Vs<400		No es necesario utilizar ripper		
400<Vs<800		Riper de 3 dientes		
800<Vs<200		Riper de 2 dientes		
1200<Vs<2000		Riper de 1 diente		
2000<Vs<3000		Estudio especial		
3000<Vs<3500		Prevoladura y posterior ripado		
Vs>3500		No se debe ripar		
Rendimiento:	$R\left(\frac{m^3}{h}\right)=A \cdot B \cdot C \cdot V_r \cdot \varepsilon$ $V_r=K H^2 v\left(\frac{m^3}{h}\right)$			H : Profundidad del elemento de arrancar el terreno.
				Oscila en torno a los 50 cm, expresada en metros.
Coeficiente cíclico:		$C=\frac{\text{Ciclo productivo}}{\text{Ciclo total}}$		
Coeficiente de gestión, adaptación y acoplamiento		V : Velocidad de ripado (m/seg.) Es usual ripar entre 2 y 3 Km/h.		
B:		K : Coeficiente que depende del terreno:		
Obras pequeñas		Rocas con tendencia plástica y macizos de arcilla dura		
Obras grandes		Macizo de roca friable, calizas porosas, areniscas mal cementadas		
Coeficiente de solape:		Rocas duras fracturadas y diaclasadas		
A:		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
Valor constante		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		
		Rocas duras sanas, estratificadas o con esquistosidad muy marcada		

Fuente: Galabru (2002).

Rendimientos y ciclos de cargadora.

Operacion:	Excavación, Carga	
Rendimiento:	$R\left(\frac{m^3}{h}\right) = \frac{V_c \cdot 3600 \cdot Fe \cdot Fe' \cdot C_t}{T_c}$	
Ciclo-piloto de una pala cargadora	Excavación y carga	6 seg
	Inversión marcha	1 seg
	Retroceso cargada	3 seg
	Giro	1 seg
	Parar	1 seg
	Descenso carga	4 seg
	Invertir marcha	1 seg
	Transporte	$\frac{L}{12} \cdot 3.6$
	Parar	1 seg
	Voltear carga	4 seg
	Invertir marcha	1 seg
	Retroceder	2 seg
	Giro	1 seg
	Avance frente	$\frac{L}{20} \cdot 3.6$
	Parar	1 seg
	TOTAL ... $27 + 3.6L \left[\frac{1}{12} + \frac{1}{20} \right]$ segundos	
Vc : Capacidad de la cuchara en m3.		
Fe : Factor de eficacia de la máquina, entre 70 y 80%.		
Fe' : Factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno:		
Terreno flojo	90-100%	
Terreno medio	80-90%	
Terreno duro	50-80%	
Tc : Tiempo de duración del ciclo en segundos. Comprende la excavación el giro hasta la descarga, la descarga y el giro hasta origen. El tiempo del ciclo, con rotación de 90º es:		
Terreno flojo	15-20 seg	
Terreno medio	20-25 seg	
Terreno duro	25 - 30 seg	
Para rotaciones mayores o menores, se sumarán o restarán 2 segundos por cada 10º (18 seg por 90º).		

Fuente: Galabru (2002).

Transporte.

Operacion:	TRANSPORTE			
Rendimiento:	$R\left(\frac{m^3 \text{ ó } t}{h}\right) = \frac{V_c \cdot 60 \cdot Fe}{T_c}$			
Vc: Capacidad de la caja en m3 o t.				
Fe : Capacidad de eficacia de la máquina(Depende del conductor y estado de la misma)				
Tipo de tierras a transportar y estado del terreno. Varía entre el 70 y 80%.				
Tc : Tiempo del ciclo en minutos.				
Suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra) y del tiempo variable (marcha).				
considerar el tándem pala-camión/dúmp				
Ciclo de la pala:	tp seg		$Cd = \frac{V_{dumper}}{\delta}$	
Carga de una palada:	Cp m3banco			
Cd es la capacidad del dúmp				
Número de paladas:	N= $\frac{Cd}{Cp}$			
1 m3 banco:	δ m3 dúmp			
Tiempo de carga:	tc = N·tp			
Ciclo dúmp:	Td		$n = \frac{Td}{N \cdot tp}$	
Número de dúmp:				
Volumen banco/camión				
TIPO DE MATERIAL	EN BANCO (m³)	EN MONTÓN (m³)	EN HOJA DE MÁQUINA(m³)	EN CAMIÓN (m³)
Material muy suelto	1	1.35	1.1	1.3
Material medio	1	1.6	1.25	1.5
Roca	1	2	1.45	1.7

Fuente: Galabru (2002).

ANEXO C

PROPIEDADES FÍSICAS COMUNES DE SUELOS

Componentes de rocas presentes en suelos.

Roca	Protolito	Minerales principales	Observaciones	Imagen
Anfibolita		Anfiboles		
Antracita	Hulla, lignito	Carbono	Es un tipo de carbón	
Corneana	Caliza, arenisca, pizarra		Muy dura, capaz de resistir la erosión glacial	
Cuarcita	Arenisca	Cuarzo	Se forma por recristalización a altas temperaturas y presión.	
Eclogita	Basalto, gabro	Granate, piroxeno	Resultado de un metamorfismo intenso del basalto o gabro	
Espilita	Basalto	Albita, clorita, calcita	Se forma en las dorsales centro-oceánicas	
Esquisto	Pizarra, filita	>50 % minerales planos y alargados	Existen muchos tipos de esquisto según los minerales que lo forman	
Esquisto azul	Basalto	Glaucófana	Su color azul se debe a la presencia de glaucófana	
Filita	Lutita, pizarra	Moscovita, cuarzo, clorita	Metamorfismo intermedio entre las pizarra y el esquisto	
Gneis	Rocas ígneas o sedimentarias	Cuarzo, feldespato, mica	Presenta bandas, con capas alternas de minerales claros y oscuros	
Granulita	Basalto	Piroxeno, plagioclasa, feldespato	Metamorfismo de altas temperaturas; común en dorsales oceánicas	

Mármol	Caliza	Calcita	Roca ornamental, hecho de mármol.	
Migmatita			Presenta vetas sinuosas, fruto de su alto grado de metamorfismo	

Fuente: Rogers (1999).

Propiedades físicas

Material	Compacidad	D _r (%) (1)	N (2)	Densidad seca (gr/cm ³)	Índice de poros (e)	Ángulo de rozamiento interno
GW: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	90	2.21	0.22	40
	Medianamente densa	50	55	2.08	0.28	36
	Suelta	25	<28	1.97	0.36	32
GP: Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	70	2.04	0.33	38
	Medianamente densa	50	50	1.92	0.39	35
	Suelta	25	<20	1.83	0.47	32
SW: Arenas bien graduadas, arenas con grava	Densa	75	65	1.89	0.43	37
	Medianamente densa	50	35	1.79	0.49	34
	Suelta	25	<15	1.70	0.57	30
SP: Arenas mal graduadas, arenas con grava	Densa	75	50	1.76	0.52	36
	Medianamente densa	50	30	1.67	0.60	33
	Suelta	25	<10	1.59	0.65	29
SM: Arenas limosas	Densa	75	45	1.65	0.62	35
	Medianamente densa	50	25	1.55	0.74	32
	Suelta	25	<8	1.49	0.80	29
ML: Limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75	35	1.49	0.80	33
	Medianamente densa	50	20	1.41	0.90	31
	Suelta	25	<4	1.35	1.00	27
CL: Arcillas baja plasticidad			30-2 (3)	2,15-1,5 (4)		28-25
MH: Limos alta plasticidad			30-2 (3)	2,15-1,5 (4)		25-22
CH: Arcillas alta plasticidad			30-2 (3)	2,15-1,5 (4)		20-17

(1).Dr es densidad relativa ó índice de densidad.

(2) N es el número de golpes por 30 cm de penetración en el SPT.

Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 14

Identificación de suelos por ensayos en campo

GRANULOMETRÍA				RESISTENCIA A LA ROTURA		CORTE CON NAVAJA		PLASTICIDAD	DILATANCIA	OLOR	TIPO DE SUELO	SÍMBOLO
Fracción >25mm	Fracción 25-5mm.	Fracción 5-0,08mm	Fracción <0,08mm	Grado	Aspecto	Resistencia	Brillo					
Variable	>45% ó 7/16	<50% ó 1/2	<5% ó 1/16	-	Granular grueso	-	-	-	-	No	Gravas limpias bien graduadas	GW
Variable	>70% ó 11/16	<25% ó 1/4	<5% ó 1/16	-	Granular grueso	-	-	-	-	No	Gravas limpias mal graduadas	GP
No	<45% ó 7/16	>50% ó 1/2	<5% ó 1/16	-	Granular fino	-	-	-	-	No	Arenas limpias bien graduadas	SW
No	<25% ó 1/4	>70% ó 11/16	<5% ó 1/16	-	Granular fino	-	-	-	-	No	Arenas limpias mal graduadas	SP
Variable	>38% ó 3/8	<50% ó 1/2	>12% ó 1/8	Los finos como CL y CH	Granular grueso	Los finos como CL y CH	Los finos como CL y CH	Los finos como CL y CH	Los finos como CL y CH	No	Gravas arcillosas	GC
No	<38% ó 3/8	>50% ó 1/2	>12% ó 1/8	Los finos como CL y CH	Granular fino	Los finos como CL y CH	Los finos como CL y CH	Los finos como CL y CH	Los finos como CL y CH	No	Arenas arcillosas	SC
Variable	>38% ó 3/8	<50% ó 1/2	>12% ó 1/8	Los finos como ML y MH	Granular grueso	Los finos como ML y MH	Los finos como ML y MH	Los finos como ML y MH	Los finos como ML y MH	No	Gravas limosas	GM
No	<38% ó 3/8	>50% ó 1/2	>12% ó 1/8	Los finos como ML y MH	Granular fino	Los finos como ML y MH	Los finos como ML y MH	Los finos como ML y MH	Los finos como ML y MH	No	Arenas limosas	SM
No	<5% ó 1/16	<45% ó 7/16	>50% ó 1/2	Bajo a medio	Barro no granular áspero	Alta a media	Mate	Nula	Rápida	No	Limos de baja plasticidad	ML
No	<5% ó 1/16	<45% ó 7/16	>50% ó 1/2	Medio a alto	Barro liso	Media a baja	Brillante	Baja a media	Lenta a media	No	Arcillas de baja plasticidad	CL
No	<5% ó 1/16	<25% ó 1/4	>70% ó 11/16	Medio a alto	Barro liso	Media a baja	Poco brillante	Baja a media	Nula a lenta	No	Limos de alta plasticidad	MH
No	<5% ó 1/16	<25% ó 1/4	>70% ó 11/16	Alto	Barro muy liso y fino	Baja	Muy brillante	Alta	Nula	No	Arcillas de alta plasticidad	CH
No	Variable	Variable	Variable	Medio a alto	Fibroso	-	-	Media	Nula	Sí	Suelos orgánicos	O

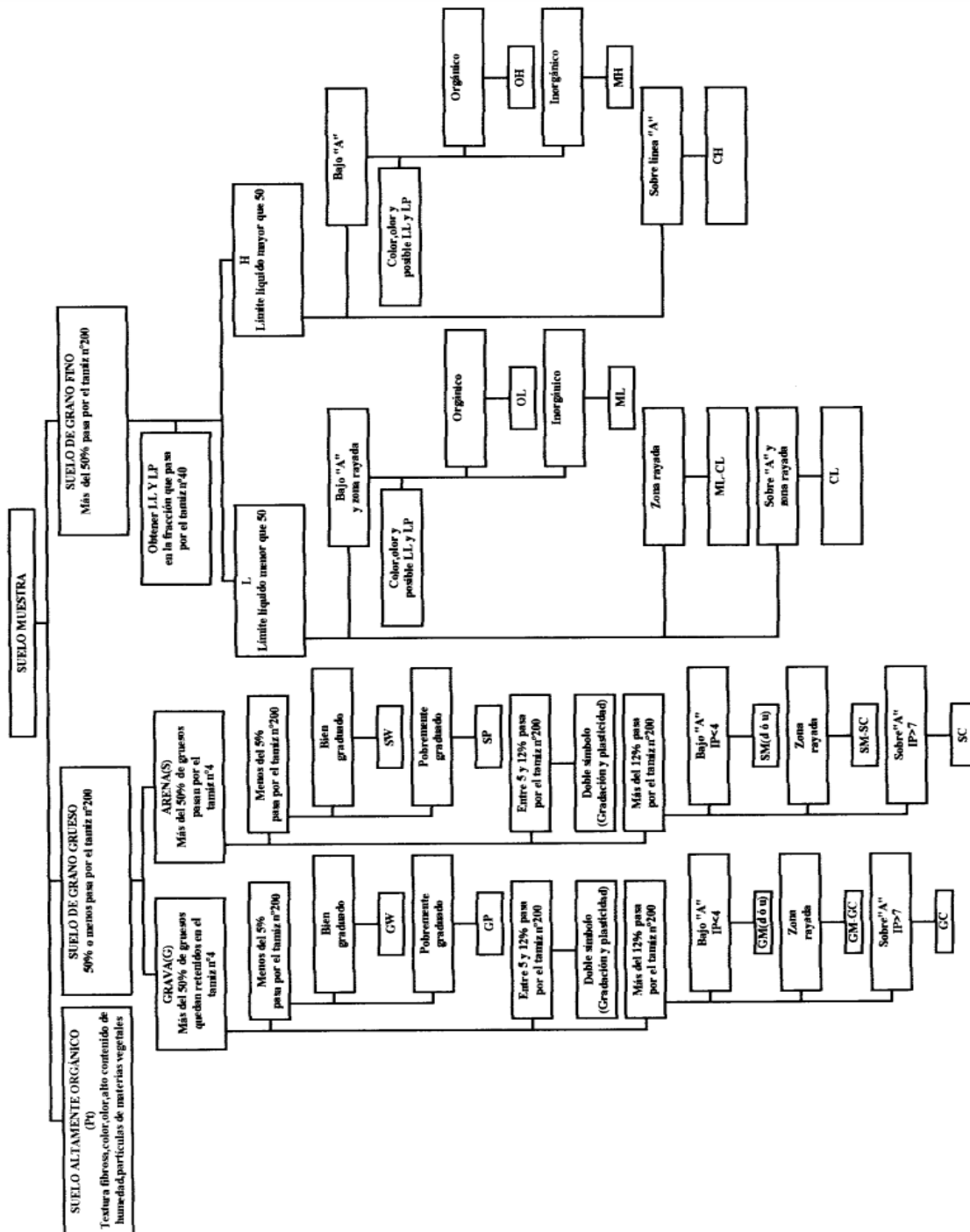
Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 15

Clasificación SUCS

Divisiones principales		Símbolo del grupo	Nombre clásico	Método de identificación en campo excluyendo partículas mayores de 75 mm	Clasificación de laboratorio
1	2	3	4	5	6
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material es mayor que el t. n°200	GRAVAS Más de la mitad de los gruesos es > 5 mm Para clasificación visual el tamiz n°4 equivale a 5 mm	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Ampio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$ Los límites de Atterberg bajo la línea A o IP < 4 Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP > 7 Los límites que caen en la zona rayada con IP entre 4 y 7, son casos límite que requieren doble símbolo
		GP	Gravas pobremente graduadas,mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios	
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Finos no plásticos o con baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Finos plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)	
		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Ampio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos	
		SP	Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios	
	ARENAS Más de la mitad de los gruesos es < 5 mm Para clasificación visual el tamiz n°4 equivale a 5 mm	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Finos no plásticos o con baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$ Los límites de Atterberg bajo la línea A o IP < 4 Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP > 7 Los límites que caen en la zona rayada con IP entre 4 y 7, son casos límite que requieren doble símbolo
		SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Finos plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)	
		Método de identificación en la fracción menor de tamiz n°40 (0.4 mm)			
		Resistencia a la rotura Dilatancia Plasticidad			
		ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad	Ninguna a ligera Rápida a lenta Ninguna	
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Media a alta Ninguna a muy lenta Media	
Suelos de grano fino Más de la mitad del material es menor que el t. n°200	Limos y arcillas. Límite líquido menor que 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	Ligera a media Lenta Ligera	ÍNDICE DE PLASTICIDAD LÍMITE LÍQUIDO CARTA DE PLASTICIDAD
		MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Ligera a media Lenta a ninguna Ligera a media	
		CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Alta a muy alta Ninguna Alta	
	Limos y arcillas. Límite líquido mayor que 50	OH	Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad.	Media a alta Ninguna a muy lenta Ligera a media	
Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificable por el color,olor,tacto esponjoso y a menudo textura fibrosa	

Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 16

Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 17



Clasificación suelos AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% ó menos que pasa por el tamiz nº 200							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS Más del 35% que pasa por el tamiz nº 200			
Clasificación en grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análisis granulométrico, % que pasa Tamiz nº 10 Tamiz nº 40 Tamiz nº 200	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín. A-7-5 A-7-6
Características de la fracción que pasa por el tamiz nº40 : Límite líquido Índice de plasticidad	6 máx.		NP	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiales que constituyen fundamentalmente estos grupos	Fragmentos de piedra, grava y arena.		Arena fina	Grava y arena limosas ó arenosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

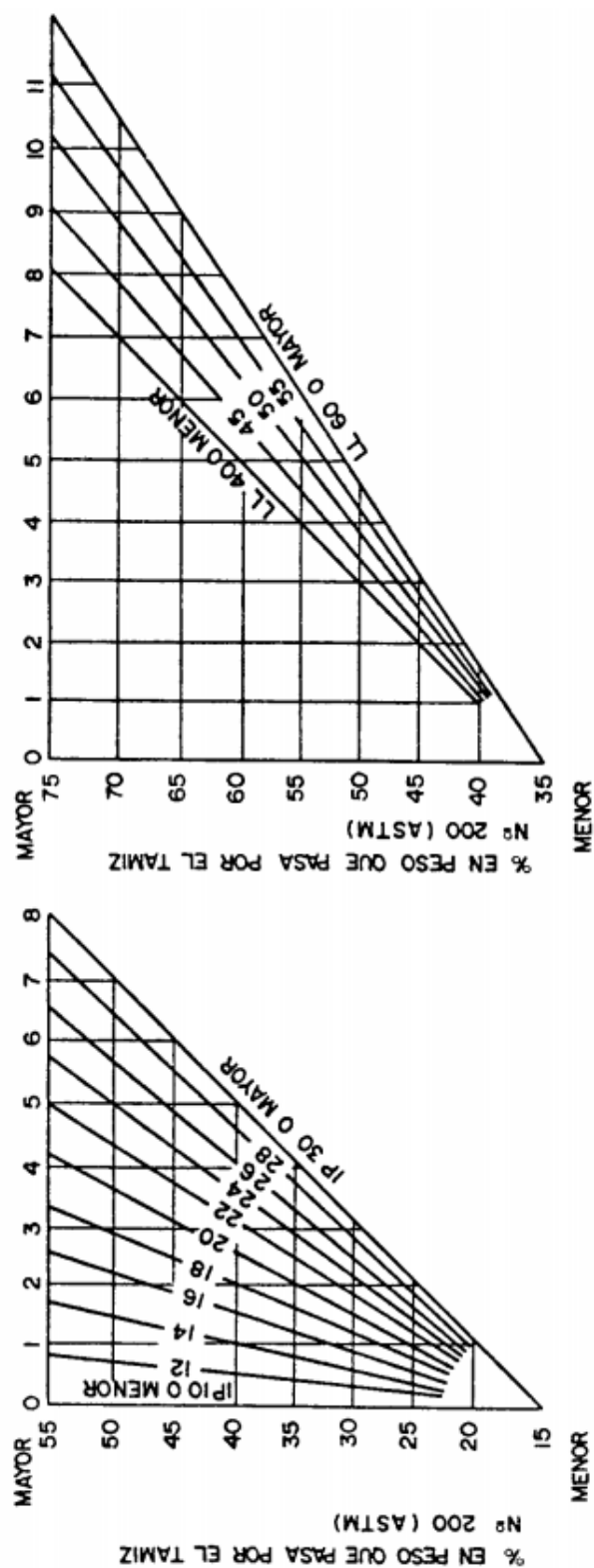
PROCEDIMIENTO. Valiéndose de los resultados de los ensayos realizados, proceder de izquierda a derecha en la tabla hasta encontrar por eliminación el grupo correcto. El primer grupo de la izquierda con el cual se cumplan los datos es la clasificación correcta del suelo. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual ó menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual ó mayor que LL-30.

Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 18

Cálculo del índice de grupo

MÉTODO GRÁFICO

$$IG = a + b$$



MÉTODO NUMÉRICO

$$IG = 0,2 \cdot a + 0,005 \cdot a \cdot c + 0,01 \cdot b \cdot d$$

- a** = Exceso sobre 35 de la cantidad que pasa por el tamiz n° 200
Expresado como número entero y positivo
Mínimo valor 0 y máximo valor 40 .
- b** = Exceso sobre 15 de la cantidad que pasa por el tamiz n° 200
Expresado como número entero y positivo
Mínimo valor 0 y máximo valor 40 .
- c** = Exceso de límite líquido sobre 40 .
Expresado como número entero y positivo
Mínimo valor 0 y máximo valor 20 .
- d** = Exceso de índice de plasticidad sobre 10 .
Expresado como número entero y positivo
Mínimo valor 0 y máximo valor 20 .

Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 19

Valeración suelos SIICS

Principales divisiones	Letra	Nombre	Valor como terreno de apoyo	Valor como subbase	Valor como base	Acción potencial de la helada	Compresibilidad y expansión	Características de drenaje	Equipo de compactación	Peso unitario en seco en T/m ³	CBR	Módulo k en T/m ³ y en lb/pulg ³
Suelos de grano grueso	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Excelente	Excelente	Bueno	Ninguna a muy ligera	Casi ninguna	Excelente	Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos, rodillo con ruedas de acero	2,00-2,24	40-80	5536-8304 200-300
	GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Bueno a excelente	Bueno	Regular a bueno	Ninguna a muy ligera	Casi ninguna	Excelente	Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos, rodillo con ruedas de acero	1,76-2,24	30-60	5536-8304 200-300
	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Bueno a excelente	Bueno	Regular a bueno	Ligera a media	Muy ligera	Pobre a mediano	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	2,00-2,32	40-60	5536-8304 200-300
	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Bueno	Mediano	Pobre a no conveniente	Ligera a media	Ligera	Pobre a prácticamente impermeable	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,84-2,16	20-30	2768-8304 100-300
Arenas y suelos arenosos	SW	Arenas bien graduadas, arenas con poca o ningún fino	Bueno	Mediano a bueno	Pobre	Ninguna a muy ligera	Casi ninguna	Excelente	Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos	1,76-2,08	20-40	5536-8304 200-300
	SP	Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Mediano a bueno	Mediano	Pobre a no conveniente	Ninguna a muy ligera	Casi ninguna	Excelente	Tractor tipo oruga, rodillo de neumáticos	1,68-2,16	10-40	5536-8304 200-300
	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Mediano a bueno	Mediano a bueno	Pobre	Ligera a alta	Muy ligera	Pobre a mediano	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,92-2,16	15-40	5536-8304 200-300
	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Pobre a mediano	Pobre	No conveniente	Ligera a alta	Ligera a media	Pobre a prácticamente impermeable	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,60-2,08	10-20	2768-5536 100-200
	ML	Limos inorgánicos	Pobre a mediano	No conveniente	No conveniente	Media a muy alta	Ligera a media	Pobre a mediano	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,44-2,08	15 ó menos	2768-5536 100-200
Suelos de grano fino	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Pobre a mediano	No conveniente	No conveniente	Media a alta	Media	Prácticamente impermeable	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,44-2,08	15 ó menos	1384-5536 50-200
	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	Pobre	No conveniente	No conveniente	Media a alta	Media a alta	Pobre	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,44-1,68	5 ó menos	1384-2768 50-100
	MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Pobre	No conveniente	No conveniente	Media a muy alta	Alta	Pobre a mediano	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,28-1,68	10 ó menos	1384-2768 50-100
	CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Pobre a mediano	No conveniente	No conveniente	Media	Alta	Prácticamente impermeable	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,44-1,84	15 ó menos	1384-5536 50-200
	OH	Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad	Pobre a muy pobre	No conveniente	No conveniente	Media	Alta	Prácticamente impermeable	Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra	1,28-1,76	5 ó menos	692-2768 25-100
Suelos altam. orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	No conveniente	No conveniente	No conveniente	Ligera	Muy alta	Pobre a mediano	No se practica la compactación	—	—	—

NOTAS: 1. Columna 2. La división de los grupos GM y SM en las subdivisiones d y u se basa en los límites de Atterberg, el sufijo d se usará cuando el límite líquido es 25 ó menor y el índice de plasticidad es 5 ó menor; el sufijo u en caso contrario. 2. Columna 11. Los pesos unitarios en seco son para suelos compactados al óptimo contenido de humedad en el esfuerzo requerido por el Proctor modificado.

Valoración suelos SUCS

Principales divisiones	Letra	Símbolo dibujo	Nombre	Valor como terraplenes	Permeabilidad	Máximo peso unitario Tm/m ³	Valor como cimentaciones	Requisitos para controlar las filtraciones
Suelos de grano grueso	GW		Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Muy estable, revestimientos permeables de diques y presas	$K > 10^{-2}$	2,00-2,16	Buen apoyo	Necesita interruptor de la filtración
	GP		Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino	Razonablemente estable, revestimientos permeables de diques y presas	$K > 10^{-2}$	1,84-2,00	Buen apoyo	Necesita interruptor de la filtración
	GM		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Razonablemente estable, particularmente no conveniente para revestimientos, pero puede usarse para núcleos impermeables o capas aislantes	$10^{-5} < K < 10^{-6}$	1,92-2,16	Buen apoyo	Trinchera en la línea de base aguas abajo a ninguno
	GC		Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Medianamente estable puede usarse como núcleo impermeable	$10^{-6} < K < 10^{-8}$	1,84-2,08	Buen apoyo	Ninguno
Suelos de grano fino	SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Muy estable, secciones permeables, necesita protección de los taludes	$K > 10^{-3}$	1,76-2,08	Buen apoyo	Capa aislante de revestimiento aguas arriba y drenaje en la base de la presa
	SP		Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino	Razonablemente estable, puede usarse en secciones de diques con taludes muy tendidos	$K > 10^{-3}$	1,76-1,92	Apoyo de bueno a pobre en función de la densidad	Capa aislante de revestimiento aguas arriba y drenaje en la base de la presa
	SM		Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Razonablemente estable, particularmente no conveniente para revestimientos, pero puede usarse para núcleos impermeables o diques	$10^{-3} < K < 10^{-6}$	1,76-2,00	Apoyo de bueno a pobre en función de la densidad	Capa aislante de revestimiento aguas arriba y drenaje en la base de la presa
	SC		Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Medianamente estable, se emplea en núcleos impermeables para control de la corriente a través de las estructuras	$10^{-6} < K < 10^{-8}$	1,68-1,92	Apoyo de bueno a pobre	Ninguno
Suelos de grano fino	ML		Limos inorgánicos	Escasa estabilidad, puede usarse en terraplenes con el debido control	$10^{-5} < K < 10^{-6}$	1,52-1,92	Muy pobre, susceptible de sifonamiento	Trinchera en la línea de base aguas abajo a ninguno
	CL		Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Estable en núcleos impermeables y capas aislantes	$10^{-6} < K < 10^{-8}$	1,52-1,92	Apoyo de bueno a pobre	Ninguno
	OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	No conveniente para terraplenes	$10^{-4} < K < 10^{-6}$	1,44-1,60	Apoyo regular a pobre, puede tener asentamientos excesivos	Ninguno
	MH		Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Escasa estabilidad, núcleos de los terraplenes para presas hidráulicas, no conveniente en la construcción de terraplenes compactados	$10^{-4} < K < 10^{-6}$	1,12-1,52	Apoyo pobre	Ninguno
Suelos altamente orgánicos	CH		Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Estabilidad regular, taludes tendidos, núcleos de poco espesor, capas aislantes y secciones de diques	$10^{-6} < K < 10^{-8}$	1,20-1,68	Apoyo de regular a pobre	Ninguno
	OH		Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad	No conveniente para terraplenes	$10^{-6} < K < 10^{-8}$	1,04-1,60	Apoya muy pobre	Ninguno
	Pt		Turba y otros suelos altamente orgánicos	No conveniente para terraplenes	-	-	Eliminarlo de las cimentaciones	-

NOTAS: 1.- Los valores de las columnas 5 y 8 se dan solamente como orientación. 2.- En la columna 7 los pesos unitarios en seco son para suelos compactados al óptimo contenido de humedad y con el esfuerzo de compactación Proctor normal

Valoración de los suelos AASHTO

Clasificación	Composición del material	Permeabilidad	Capilaridad	Elasticidad	Cambios de volumen	Para capa de rodadura	Para base	Para subbase	Para terraplenes >de 15m	Para terraplenes <de 15m	Comportamiento después de compactado	Fallos que presenta el terreno
A-1	Mezcla de grava, arena, limo y arcilla, en cantidades bien proporcionadas	Baja	Baja	Casi nula	Muy pequeños	Excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Excelente	Excelente. Estable en tiempo seco y húmedo	Prácticamente ninguno
A-2	Mezcla mal proporcionada de grava, arena, limo y arcilla. Tiene limo o arcilla en exceso	Baja a mediana	Baja a veces perjudicial	Casi nula	A veces perjudiciales cuando son plásticos	Regular a bueno	Regular a excelente	Regular a excelente	Regular a bueno	Bueno	Bueno a excelente. Estable en tiempo seco. A veces polvoriento. Se reblandece en tiempo húmedo	Se reblandece cuando llueve. En tiempo seco se vuelve sucio y polvoriento
A-3	Arena o mezcla de grava y arena, con poco o nada de material fino	Mediana a elevada	Baja	Casi nula	Muy pequeños	Malo a regular	Regular a excelente	Regular a excelente	Regular a bueno	Bueno	Bueno a excelente. Es más estable en condiciones húmedas	Es inestable cuando se halla seco. Tiende a desizarse cuando no está debidamente confinado. No tiene suficiente cohesión
A-4	Material limoso sin grava, ni arena gruesa. Contiene algo de arena fina y mediana. Su contenido de arcilla no es elevado	Baja a mediana	Muy elevada perjudicial	Baja	Regulares a grandes. Perjudiciales en época de heladas	Malo a pésimo	Malo a regular	Malo a regular	Malo a bueno	Malo a bueno	Regular en tiempo seco. Inestable en tiempo húmedo	Absorbe agua rápidamente perdiendo estabilidad. Susceptible de erosiones y lavados en época de lluvia. Posibilidad de hinchamientos de terreno
A-5	Material limoso semejante a A-4 pero con cierta cantidad de mica ó diatomáceas que le da elasticidad	Baja	Regular a elevada	Elevada perjudicial	Regulares a grandes. A veces perjudiciales cuando llueve	Pésimo	Malo	Malo	Pésimo	Malo a pésimo	Semejante al A-4	Presenta además una elasticidad perjudicial que impide una buena compactación
A-6	Terreno arcilloso sin material grueso. Poca arena fina. Rico en material coloidal	Prácticamente impermeable	Regular a elevada	Baja	Grandes. Pueden ser perjudiciales en época de lluvia	Malo a pésimo	Regular a pésimo	Pésimo a regular	Malo a pésimo	Regular a malo	Regular a bueno en tiempo seco. Malo en tiempo lluvioso	En épocas de lluvia se pone resbaladizo y los pavimentos fallan por falta de base firme. Cuando se humedece o seca sufre hinchamientos y contracciones perjudiciales
A-7	Terreno arcilloso semejante a A-6, pero no tan rico en material coloidal. Presenta propiedades elásticas	Baja	Regular a elevada	Elevada a perjudicial	Grandes. Pueden ser perjudiciales en época de lluvia	Malo a pésimo	Regular a pésimo	Regular a pésimo	Malo a pésimo	Malo a pésimo	Regular a bueno en tiempo seco. Malo en tiempo lluvioso	Los mismos inconvenientes que A-6. Presenta además una clasificación perjudicial que impide una buena compactación
A-8	Terreno turboso, suave y esponjoso. Puede contener arena y material fino en cantidades variables	Muy permeable	Muy elevada perjudicial	Muy elevada perjudicial	Grandes perjudiciales	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	El material debe retirarse. Compactándolo no se obtiene resultado satisfactorio alguno	Pésimo material para emplearlo en construcción. Su valor soporte es casi nulo

Fuente: cap_12_geotecnia.pdf, pág. 22

ANEXO D

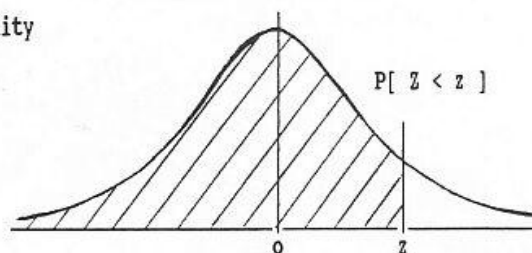
TABLA PARA DETERMINACION DE NIVEL DE CONFIANZA

STANDARD STATISTICAL TABLES

1. Areas under the Normal Distribution

The table gives the cumulative probability up to the standardised normal value z i.e.

$$P[Z < z] = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}z^2\right) dz$$



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5159	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7854
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8804	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9865	0.9868	0.9871	0.9874	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9980	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
z	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.70	3.80	3.90
P	0.9986	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000

ANEXO E

NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores
 - de equipos de protección individual.
- Real Decreto 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido (INSHT).
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción [INSHT].
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas [INSHT].
- Nota técnica de prevención (NTP) nº 72: trabajos con elementos de altura en presencia de líneas eléctricas aéreas (INSHT).
- Nota técnica de prevención (NTP) nº 270: evaluación de la exposición al ruido y la determinación de niveles representativos (INSHT).
- Nota técnica de prevención (NTP) nº 733: criterios de selección de equipos de

protección individual (EPI) en minería a cielo abierto (INSHT).

- Nota técnica de prevención (NTP) nº 271: Instalaciones eléctricas en obras de construcción (INSHT).
- UNE-EN ISO 14688-1. Ingeniería geotécnica. Identificación y clasificación de suelos. Parte 1: Identificación y descripción...
- UNE-EN ISO 14688-2. Ingeniería geotécnica. Identificación y clasificación de suelos. Parte 2: Principios de clasificación.
- UNE-EN 1610. "Instalación y pruebas de acometida y redes de saneamiento".
- MÁQUINAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
- General
- Nota técnica de prevención (NTP) nº 126: Máquinas para movimiento de tierras (INSHT).
- UNE 115212. Maquinaria para movimiento de tierras. Guía de procedimiento para formación del operador.
- UNE 115215. Maquinaria para movimiento de tierras. Empleo y mantenimiento. Método de formación del personal mecánico.
- UNE 115428. Maquinaria para movimiento de tierras. Conservación y mantenimiento.
- UNE 115225. Maquinaria para movimiento de tierras. Avisadores acústicos montados sobre la maquinaria y accionados marcha adelante y atrás. Método de ensayo acústico.
- UNE 115423. Maquinaria para movimiento de tierras. Instrumentos para el mantenimiento.
- UNE 115440. Maquinaria para el movimiento de tierras. Luces de alumbrado, señalización y posición y dispositivos reflectantes (catadióptricos).
- UNE 115233. Maquinaria para movimiento de tierras. Dispositivos de aviso para máquinas de desplazamiento lento. Sistemas por ultrasonidos y otros.
- UNE 115242. Maquinaria para movimiento de tierras. Puesto del operador y zonas de mantenimiento. Agudeza de las aristas.
- UNE 115441. Maquinaria para movimiento de tierras. Asiento del operador. Dimensiones y requisitos.
- UNE 115406-1. Maquinaria para el movimiento de tierras. Símbolos para los

mandos del operador e indicadores. Parte 1: Símbolos comunes.

- UNE 115406-2. Maquinaria para movimiento de tierras. Símbolos para los mandos del operador e indicadores. Parte 2: Símbolos específicos de las máquinas, equipos y accesorios.
- UNE-ISO 12509. Maquinaria para movimiento de tierras. Luces de alumbrado, señalización y posición y dispositivos reflectantes (catadióptricos).
- UNE 115227. Maquinaria para movimiento de tierras. Mandos del operador.
- UNE 115248. Maquinaria para movimiento de tierras. Manejo y mantenimiento. Guía de mantenimiento.
- UNE-ISO 5006. Maquinaria para movimiento de tierras. Campo de visión del operador. Método de ensayo y criterios de evaluación.
- UNE-EN ISO 3449. Maquinaria para el movimiento de tierras. Estructuras de protección contra la caída de objetos. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento.
- UNE-EN ISO 3164. Maquinaria para el movimiento de tierras. Estudios en laboratorio de las estructuras de protección. Especificaciones para el volumen límite de deformación.
- UNE-EN ISO 2867. Maquinaria para el movimiento de tierras. Sistemas de acceso.
- UNE-EN ISO 6683. Maquinaria para movimiento de tierras. Cinturones de seguridad y sus anclajes. Requisitos de comportamiento y ensayos...
- UNE-EN 13531. Maquinaria para movimiento de tierras. Estructuras de protección contra el basculamiento (TOPS) para mini excavadoras. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento.
- UNE-EN ISO 7096. Maquinaria para movimiento de tierras. Evaluación en laboratorio de las vibraciones transmitidas al operador por el asiento.
- UNE-EN ISO 7096. Maquinaria para movimiento de tierras. Evaluación en laboratorio de las vibraciones transmitidas al operador por el asiento.
- UNE-EN ISO 3411. Maquinaria para movimiento de tierras. Medidas ergonómicas de los operadores y espacio envolvente mínimo para los operadores.
- UNE-EN ISO 2860. Maquinaria para movimiento de tierras. Medidas mínimas

de acceso.

- UNE-EN 15573. Maquinaria para movimiento de tierras. Requisitos de diseño para circulación por carretera.
- UNE-EN ISO 3457. Maquinaria para movimiento de tierras. Resguardos. Definiciones y requisitos.
- UNE-EN ISO 6682. Maquinaria para movimiento de tierras. Zonas de comodidad y de accesibilidad a los mandos.
- UNE-EN 474-1. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN ISO 3471. Maquinaria para movimiento de tierras. Estructuras de protección contra el vuelco. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento.
- UNE-ISO 6393. Maquinaria para movimiento de tierras. Determinación del nivel de potencia acústica. Condiciones de ensayo estáticas.
- UNE-ISO 6394. Maquinaria para movimiento de tierras. Determinación del nivel de presión acústica emitida en el puesto del operador. Condiciones de ensayo estático.
- UNE-ISO 14401-1. Maquinaria para movimiento de tierras. Campo de visibilidad de los espejos de seguridad y retrovisores. Parte 1: Métodos de ensayo.
- UNE-ISO 10263-1. Maquinaria para movimiento de tierras. Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 1: Términos y definiciones.
- UNE-ISO 10263-2. Maquinaria para movimiento de tierras. Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 2: Método de ensayo del elemento del filtro de aire.
- UNE-ISO 10263-3. Maquinaria para movimiento de tierras. Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 3: Método de ensayo del sistema de presurización.
- UNE-ISO 10263-4. Maquinaria para movimiento de tierras. Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 4: Prestaciones y métodos de ensayo de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

- UNE-ISO 10263-5. Maquinaria para movimiento de tierras. Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 5: Método de ensayo del sistema de eliminación de escarcha del parabrisas.
- UNE-ISO 9244. Maquinaria para movimiento de tierras. Pictogramas de seguridad y peligro. Principios generales.
- UNE-ISO 16001. Maquinaria para movimiento de tierras. Sistemas para la detección de peligros y ayudas visuales. Requisitos de funcionamiento y ensayos
- UNE-ISO 14401-2. Maquinaria para movimiento de tierras. Campo de visibilidad de los espejos de seguridad y retrovisores. Parte 2: Criterios de eficacia.
- UNE-ISO 10263-6. Maquinaria para movimiento de tierras. Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 6: Determinación del efecto del calentamiento solar.
- UNE 115239. Maquinaria para movimiento de tierras. Disponibilidad de la máquina. Vocabulario.
- Cargadoras y excavadoras
- Nota técnica de prevención (NTP) nº 079: Pala cargadora (INSHT).
- Nota técnica de prevención (NTP) nº 122: Retroexcavadora (INSHT).
- UNE 115231. Maquinaria para movimiento de tierras. Excavadoras hidráulicas. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento para estructuras de protección del operador.
- UNE-EN 474-12. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 12: Requisitos para excavadoras de cable.
- UNE-EN 474-3. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 3: Requisitos para cargadoras.
- UNE-EN 474-4. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 4: Requisitos para retro cargadoras.
- UNE-EN 474-5. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 5: Requisitos para excavadoras hidráulicas.