

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RIESGOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS**

**TEMA:**

**Evaluación del Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el Análisis de Riesgos relacionados a Deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito.**

**AUTOR:**

**Katty de los Ángeles Martínez Escobar, Ing.**

**Diego Vallejo Arias, Ing., Tutor de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Magister en Gestión de Riesgos

Quito, 30 abril de 2020

## 1 APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Diego Roberto Vallejo Arias, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador – UIDE para revisar el Proyecto de Investigación con el tema: “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE APLICABILIDAD DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS RELACIONADOS A DESLIZAMIENTOS EN QUEBRADAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, de la maestrante Katty de los Ángeles Martínez Escobar, alumna de la Maestría en Gestión de Riesgos, 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, 30 de abril de 2020

El Tutor

**Ing. Diego Roberto Vallejo Arias**

CI: 1711578003

## 2 AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Katty de los Ángeles Martínez Escobar, declaro bajo juramento que el trabajo de investigación denominado: EVALUACIÓN DEL NIVEL DE APLICABILIDAD DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS RELACIONADOS A DESLIZAMIENTOS EN QUEBRADAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, 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.

Katty de los Ángeles Martínez Escobar

CI: 1712416112

Yo, ingeniero Diego Roberto Vallejo Arias, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador – UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE APLICABILIDAD DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS RELACIONADOS A DESLIZAMIENTOS EN QUEBRADAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, certifico que conozco al autor del presente trabajo, Katty de los Ángeles Martínez Escobar, responsable exclusivo en su originalidad, autenticidad y contenido.

Ing. Diego Roberto Vallejo Arias

CI: 1711578003

Quito, 30 de abril de 2020

### **3 DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, en especial Jorge Fernando, Alejandro Enrique y Fer, quienes me apoyaron en todo momento, me alentaron en los momentos difíciles y animaron a culminar con éxito esta nueva aventura profesional.

Para ustedes va mi dedicatoria.

## 4 AGRADECIMIENTO

Agradezco el apoyo incondicional de mi familia, quienes son mi fuerza, soporte y principal motivación para obtener este nuevo logro profesional, que contribuye a mi crecimiento integral.

Agradezco a mi tutor, Diego, por su calidad humana y técnica, quien estuvo siempre dispuesto a ayudarme en el desarrollo de este trabajo científico.

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar mis estudios pero sobre todo por haberme dado unos padres y hermano, magníficos, Dora, Ángel y Jorge, quienes siempre están conmigo apoyando mis decisiones y contribuyendo a cumplir mis sueños.

## 5 RESUMEN

Se presenta una propuesta metodológica que ofrece a los planificadores, a los analistas de riesgos, a los tomadores de decisiones, una herramienta técnica para evaluación del nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en quebradas del Distrito Metropolitano de Quito. La evaluación propuesta, se basa en 5 fases, la primera la determinación de las necesidades del estudio, la segunda, verificación mediante una lista de verificación (*check list*) de los requerimientos de la metodología, la tercera una calificación semi-cuantitativa de los datos con que se cuenta, la cuarta corresponde a la evaluación por puntaje a cada requerimiento. Posteriormente mediante factores ponderados e indicadores se establece el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en quebradas del Distrito Metropolitano de Quito.

Cabe señalar que luego de realizar la propuesta metodológica, se aplicó la metodología Delphi, con cinco profesionales expertos en distintas ramas, quienes la evaluaron, obteniendo resultados positivos que permite manifestar que el concepto de esta propuesta metodológica puede ser implementada para evaluar el nivel de aplicabilidad no solo de metodologías para el análisis de riesgos por deslizamientos sino que puede ser implementada para analizar la aplicabilidad de otro tipo de metodologías.

**Palabras clave:** Nivel de aplicabilidad, metodologías, indicador de aplicabilidad general, indicador de aplicabilidad por requerimiento, deslizamientos de tierra, análisis de riesgos.

## 6 ABSTRACT

A methodological proposal is presented offering to planners, risk analysts, and decision makers a technical tool for evaluating the level of applicability of methodologies for the analysis of risks that are related to landslides in ravines on the Metropolitan District of Quito

The proposed evaluation is based on five phases: the first one in which the study needs are determined and the recommendations of methodologies are proposed to solve those needs; the second one is the verification through a checklist of the requirements of the methodology, the third one is a qualitative and quantitative qualification of the data that has been given previous to the application of the methodologies of the risks analysis related to landslides, the fourth one corresponds to evaluation by score to each requirement, the fifth one corresponds to the general applicability and by requirements through weighted factors and indicators, the level of applicability of the methodologies for the risks analysis related to landslides in ravines on the Metropolitan District of Quito.

The result of the proposed methodology corresponds to the level of applicability of the selected risk analysis methodology, based on the information and quality available of itself. The defined levels were: OPTIMAL, RELIABLE and WITH A HIGH LEVEL OF UNCERTAINTY.

**Key words:** Applicability level, methodologies, general applicability indicator, applicability indicator as requested, landslides, risk assessment.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO DE LA METODOLOGÍA

### EVALUACIÓN DEL NIVEL DE APLICABILIDAD DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS RELACIONADOS A DESLIZAMIENTOS EN QUEBRADAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>1</b>	<b>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>ii</b>
<b>2</b>	<b>AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>3</b>	<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>4</b>	<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>5</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>vi</b>
<b>6</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>7</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xvi</b>
	<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1.</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.2.	OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.4.	OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	8
1.4.1	Objetivo General .....	8
1.4.2	Objetivos Específicos .....	8
1.5.	JUSTIFICACIÓN .....	9
	<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>12</b>
2.1.	MARCO TEÓRICO .....	12
	<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>24</b>
<b>3.</b>	<b>DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>24</b>
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.2.	PROPUESTA METODOLÓGICA. ....	24
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	26
3.4.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.5.	DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS SELECCIONADAS .....	29
3.5.1	Metodología de Mora Vahrson .....	29
3.5.2	Análisis de vulnerabilidad y capacidad (AVC).....	31
3.5.3	Metodología Morfométrica.....	34

3.5.4	Metodología Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES Guía para el especialista, Instrumentos de apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales. ....	36
3.5.5	Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).....	37
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>42</b>
<b>4.</b>	<b>DEFINICIÓN DE PARÁMETROS REQUERIDOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS A UTILIZARSE EN EL ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>	<b>42</b>
4.1.	DEFINICIÓN DEL ELEMENTO DEL RIESGO QUE SE DESEA ESTUDIAR Y SUS CONDICIONANTES. ....	42
4.2.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS ZONAS DE ESTUDIOS .....	42
4.3.	DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PARTICULARES DE CADA METODOLOGÍA .....	45
4.3.1.	Metodología Mora - Vahrson .....	45
4.3.2.	Metodología Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad (AVC). ....	46
4.3.3.	Metodología Morfométrica. ....	47
4.3.4.	Metodología Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el especialista Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador (SNET) .....	47
4.3.5.	Metodología Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, (USAID).....	48
4.4.	ETAPA DE CALIFICACIÓN DE CALIDAD DE DATOS.....	51
4.5.	EVALUACIÓN POR PUNTAJE .....	51
4.6.	GENERACIÓN DE INDICADORES PARA DEFINIR EL NIVEL DE APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN QUEBRADAS O CUALQUIER ZONA A ESTUDIARSE .....	52
4.7.	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA RECOMENDADA.....	53
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>65</b>
<b>5.</b>	<b>VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA, MEDIANTE UN PANEL DE EXPERTOS..</b>	<b>65</b>
5.1.	GUÍA METODOLÓGICA.....	66
5.2.	DESARROLLO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN .....	68
5.2.1.	Formulación del problema.....	68
5.2.2.	Diseño del cuestionario .....	70
5.2.3.	Selección de expertos .....	73

5.2.4.	Reunión Informativa .....	76
5.2.5.	Resolución del cuestionario .....	76
5.3.	RESULTADOS DEL PROCESO DE VALIDACIÓN .....	77
5.3.1.	Resultados sobre la Determinación de la metodología para llegar a definir el nivel de aplicabilidad, ilustraciones extraídas desde la página web <a href="http://www.e-encuesta.com">www.e-encuesta.com</a> 78	
5.3.2.	Resultados sobre la Calidad de información ingresada, analizada y generada por la metodología.....	80
5.3.3.	Resultados de la Facilidad de uso de la metodología. ....	83
5.3.4.	Resultados de la Consistencia técnica de la metodología propuesta. ....	84
5.4.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	84
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>87</b>
6.1.	CONCLUSIONES .....	87
6.2.	RECOMENDACIONES.....	89
<b>Bibliografía .....</b>		<b>90</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Resumen de métodos de investigación</b> .....	28
<b>Tabla 2 Metodología Mora - Vahrson, requerimientos</b> .....	45
<b>Tabla 3 Metodología Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad (AVC), requerimientos.</b> .....	46
<b>Tabla 4 Metodología Morfométrica, Requerimientos.</b> .....	47
<b>Tabla 5 Metodología Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el especialista Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador (SNET), Requerimientos.</b> .....	47
<b>Tabla 6 Metodología Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, (USAID), Requerimientos.</b> .....	48
<b>Tabla 7 Nivel de la Metodología</b> .....	52
<b>Tabla 8 Cuestionario de Validación</b> .....	70
<b>Tabla 9 Competencias del Equipo Validador</b> .....	75

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1 Riesgo</b> .....	12
<b>Ecuación 2 Índice de susceptibilidad, Mora - Vahrson</b> .....	30
<b>Ecuación 3 Ecuación Metodología Morfométrica, zonas susceptibles a deslizamientos</b> .....	35
<b>Ecuación 4 Riesgo (SNET)</b> .....	37
<b>Ecuación 5 Índice de Aplicabilidad General</b> .....	61

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1 Selección de Metodología Recomendada.....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 2 Verificación Inicial de Requisitos. ....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 3 Etapa de Calificación de Calidad de Datos. Del 1 al 4. ....</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 4 Etapa de Calificación de Calidad de Datos. Del 5 al 9. ....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 5 Construcción de la Matriz de evaluación por puntaje. ....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 6 Aplicación de Factores Ponderados. ....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 7 Obtención de la Sumatorias de Pesos Especificos y Factores Ponderados. ....</b>	<b>61</b>
<b>Ilustración 8 Matriz de Evaluación por Puntaje, Verificación de requerimientos individuales y definición del Indicador de Aplicabilidad por requerimiento. ....</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 9 Considerandos y Resultado final de la Evaluación del Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el Análisis de Riesgos relacionados a Deslizamientos, Tramo de la Quebrada Caupicho.....</b>	<b>64</b>
<b>Ilustración 10 Encuesta de validación, ejemplo .....</b>	<b>77</b>
<b>Ilustración 11 Resultados ¿Considera usted que la metodología contribuye a la gestión del riesgo? .....</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 12 Resultados ¿Considera usted, que la metodología como herramienta de apoyo contribuye en la planificación del ordenamiento territorial y en la ejecución de proyectos de infraestructura? .....</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 13 Resultados ¿Considera usted, que la metodología establece las premisas para su aplicación? .....</b>	<b>79</b>
<b>Ilustración 14 Resultados ¿Considera usted, que el cálculo de los indicadores y sus comparaciones están determinados claramente? .....</b>	<b>79</b>
<b>Ilustración 15 Resultados ¿Considera usted, que la metodología está totalmente determinada? .....</b>	<b>80</b>
<b>Ilustración 16 Resultados ¿Considera usted, que la metodología detalla los requerimientos necesarios para su aplicación? .....</b>	<b>80</b>
<b>Ilustración 17 Resultados ¿Considera usted, que la metodología genera resultados objetivos?.....</b>	<b>81</b>
<b>Ilustración 18 Resultados ¿Considera usted que la metodología propuesta permite evaluar la disponibilidad de información para determinar el riesgo de deslizamientos?.....</b>	<b>81</b>
<b>Ilustración 19 Resultados ¿Considera usted, que la metodología una vez desarrollada genera resultados deseados? .....</b>	<b>82</b>
<b>Ilustración 20 Resultados ¿Considera usted, que la metodología puede ser aplicada para determinar el nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos tanto en quebradas como en cualquier zona que se desee estudiar? .....</b>	<b>82</b>
<b>Ilustración 21 Resultados ¿Qué nivel de personas podrían ejecutar la metodología, (recolección de información, aplicación de indicadores y toma de decisiones? .....</b>	<b>83</b>
<b>Ilustración 22 Resultados ¿Considera usted, que la metodología como tal puede ser aplicada como herramienta de apoyo en otras áreas de estudio? .....</b>	<b>83</b>



**Ilustración 23 Resultados de la Consistencia técnica de la metodología propuesta.....84**

## GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

USAID	AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL
AVC	ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES Y CAPACIDADES
BID	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
CAN	COMUNIDAD ANDINA
DMQ	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
UNISDR	ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE LAS NACIONES UNIDAS.
INEC	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS
IUGS	INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES
MINAMBIENTE	MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE COLOMBIANO
MDMDQ	MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
NOVUM	NOVUM ASESORES Y CONSULTORES CÍA. LTDA
ODS	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
PNUD	PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO
RAE	REAL ACADEMIA ESPAÑOLA
SGR	SECRETARÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

SNGRE	SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS
SNET	SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES ( EL SALVADOR)
SIG	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
TRS	TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN
UNESCO	ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CULTURA Y LA CIENCIA

## 7 INTRODUCCIÓN

La ciudad de Quito, capital de la República del Ecuador, está ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, en la Provincia de Pichincha, situada en la zona norte de Ecuador. Por su posición geográfica y la conformación biofísica de su territorio irregular, determina la presencia de una variedad de climas (MDMDQ, 2016). “Su Centro Histórico declarado por la UNESCO “Patrimonio Cultural de la Humanidad” en el año de 1978, es el más importante de Latinoamérica.” (MDMDQ, 2016).

La ciudad de Quito se implantó sobre un sistema de quebradas que desde sus inicios han sido rellenadas. Por ejemplo, Los primeros rellenos en el centro histórico datan de la época colonial (Peltre, 1989). El crecimiento descontrolado de la ciudad, ha provocado que las edificaciones se construyan en bordes de quebradas, sobre rellenos anti técnicos, incrementando la demanda de agua para consumo y por ende el aumento progresivo de las descargas a la quebrada, efectos que al momento se han vuelto un inconveniente, pues el incremento de caudal provoca en los taludes socavación y por ende inestabilidad de los mismos, afectando de manera directa a la comunidad y a su infraestructura.

En las quebradas, “La erosión aumenta a medida que la pendiente del talud lo hace, lo que produce un incremento en la velocidad y en el volumen de escorrentía superficial; por otro lado, en un terreno con pendiente las gotas de lluvia salpican pendiente arriba y pendiente abajo, no como en el suelo llano donde son salpicadas en todas las direcciones uniformemente; esto hace que la pendiente aumenté aún más (Guijaro, Cantero, Muñoz, & Cantero, 2004).

Además de las pendientes, la velocidad hidráulica, el tipo de cobertura vegetal, la erosión del suelo y acciones del hombre, son detonantes que debilitan los taludes provocando deslizamientos e inestabilidad, que repercuten a hacia la infraestructura colindante.

En el medio se han desarrollado metodologías cualitativas, cuantitativas y semi - cuantitativas para evaluar el riesgo ante la amenaza de deslizamientos en taludes, las cuales dependiendo de la metodología que se utilice, requiere varios parámetros a considerar. Las Quebradas son accidentes geográficos poco monitoreados, razón por la cual contar con información fidedigna en ciertas ocasiones resulta difícil.

El objeto de esta investigación es verificar el nivel de aplicabilidad de cada una de las metodologías a seleccionar para el análisis de riesgos generados por amenazas de deslizamientos.

Se seleccionó este tema de tesis, ya que de la investigación bibliográfica efectuada no se encontró un procedimiento metodológico que permita estimar el nivel de aplicabilidad de metodologías basadas en la calidad de información que se cuenta.

Con esta herramienta se pretende al inicio de la investigación, conocer los requerimientos preliminares para el tipo de metodología a implementarse, la calidad de los mismos y el nivel de confiabilidad de los resultados a obtener.

Se propone sistematizar esta metodología, de manera práctica y sencilla se puede ingresar la información del elemento a estudiar y otras condicionantes

del entorno. En función de la información y su calidad, se procede a evaluar el nivel de aplicabilidad.

El contar con una herramienta validada por expertos, en el que se determine el nivel de aplicabilidad de las metodologías para analizar el riesgo relacionado a la amenaza de deslizamientos en las quebradas del Distrito Metropolitano de Quito, contribuirá a la gestión del riesgo en la zona y podrá ser replicado en otras quebradas del Distrito Metropolitano de Quito y en otras zonas a estudiarse, como un aporte a la toma de decisiones técnicas y políticas de quienes evalúan los riesgos.

Esta propuesta pretende aportar a los técnicos y tomadores de decisiones, con una herramienta que contribuya a la gestión del riesgo pero que, sobre todo, determine el nivel de aplicabilidad de cada una de las metodologías seleccionadas para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en función de la información con que se cuente para el análisis.

El trabajo propuesto está orientado a proponer una herramienta descriptiva que permita comparar, a través de indicadores, la aplicabilidad de las metodologías encontradas para analizar el riesgo por deslizamientos.

Los beneficiarios internos a los que se pretende llegar son técnicos y manejadores de riesgos, quienes en función de la información con que cuenten podrán optar por la metodología de análisis de riesgos por deslizamientos que mejor se adapte.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. ANTECEDENTES

La ciudad de Quito, ubicada en la provincia de Pichincha, en la zona Norte del Ecuador, posee una relevancia a nivel geopolítico estratégico, pues alberga a la capital del país, con una superficie de 4.234,20km<sup>2</sup>, según el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMDQ, 2016) y con una población aproximada de “2’239.191 habitantes registrado en el Censo del 2010” (INEN, 2013).

La ciudad de Quito, está expuesta a múltiples amenazas naturales y antrópicas que, de materializarse, afectarían notablemente a la población e infraestructura expuesta.

La dinámica propia de su paisaje natural, así como las intervenciones del hombre, han modificado constantemente su geomorfología; adicionalmente, está ubicada sobre cuatro fallas tectónicas, rodeada de 20 volcanes, fundada y edificada sobre un sistema de quebradas que se han rellenado sin la técnica apropiada, (MDMDQ, 2016).

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y el aporte del Plan de Saneamiento Ambiental (PSA) hasta el año 2014, para la intervención en las quebradas del occidente de Quito, el Consejo Metropolitano de Quito mediante Resolución C350 declaró como patrimonio natural, histórico, cultural y paisajístico al sistema de quebradas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y estableció como prioritario su cuidado, rehabilitación integral y mantenimiento, a

fin de prevenir los riesgos inherentes y brindar a la ciudadanía lugares de alta calidad ambiental, recreación, esparcimiento y cultura (NOVUM, 2016)

Según la información de la Secretaría Metropolitana de Ambiente se han contabilizado 150 quebradas y ríos aproximadamente en el territorio urbano, sin embargo, en la información del Instituto Geográfico Militar y la cartografía censal del INEC en el Distrito Metropolitano de Quito, se han identificado 500 unidades hídricas, que entran en la categoría de ríos, torrentes y quebradas (Secretaría de Ambiente, 2015).

El incremento de las actividades humanas e industriales ha dado como resultado un aumento de las descargas de desechos sólidos y líquidos en cuerpos de agua superficiales y subterráneos como son las quebradas, ríos y acuíferos (Escobar, 2002).

Estos incrementos en el caudal de las quebradas generan socavamiento en los pies de taludes y solera, debilitando las condiciones de estabilidad de los taludes; mismos que al ser expuestos a sismos, saturación, sobrecargas, como mecanismos de disparo, en ocasiones producen deslizamientos pequeños, medianos o de gran magnitud.

Es oportuno precisar que: “Los movimientos en masa son desplazamientos de ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo movimiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de deslizamiento o de cizallas.” (MDMDQ, 2016).

La clasificación dada por Varnes define que, “se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de deslizamiento por la cual se

desplaza el material, en rotacionales, traslacionales, flujos de tierra, flujos de lodo y flujo de detritos, entre los principales” (MDMDQ, 2016).

Una referencia importante que se devela en el Distrito Metropolitano de Quito, es que los deslizamientos y desprendimientos que se producen en las márgenes de las quebradas, taludes de vías y en pendiente sobre los 30°, así como flujos de lodo y escombros, son los fenómenos más comunes que se presentan en el Distrito (MDMDQ, 2016).

La recuperación de quebradas se ha vuelto una política de la Administración Municipal en el Distrito Metropolitano de Quito, pues en los últimos años han generado inconvenientes a la ciudad, los deslizamientos, represamientos, afectaciones a las viviendas han sido eventos recurrentes.

Estos detalles de evidencias en las políticas trazadas particularmente por la Secretaría Metropolitana de Ambiente y el levantamiento de fichas de emergencias por parte del Centro de Operaciones de Emergencia Metropolitano. Para atender estos y otros eventos no deseados, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito a través de la Empresa Pública Metropolitana de Logística para la Seguridad y la Convivencia Ciudadana, que maneja el Fondo Metropolitano para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias, conforme la Ordenanza Metropolitana No. 265 sancionada el 14 de septiembre de 2008, proporciona mano de obra, equipos y materiales que permitan remediar de primera mano las afectaciones a la comunidad y la obra pública. Además, implementa obras de mitigación a fin de brindar a la comunidad, soluciones definitivas antes estos eventos adversos de origen natural o antrópico.

De la revisión de estudios, consultoría, se evidencia que el estudio de quebradas en el Distrito Metropolitano de Quito, es un tema de actualidad, no solo a nivel académico sino a nivel técnico y de gobierno.

El identificar, analizar, evaluar y gestión del riesgo en las quebradas o cualquier zona de estudio, sustentará la toma de decisiones por parte de quienes gobiernan la ciudad, proponiendo leyes que beneficien y protejan la infraestructura de la ciudad, pero sobre todo a la comunidad.

Sin embargo, no es menos cierto que la obtención de información fidedigna es complicada, en tal virtud, se propone este tema de investigación, en la cual a través de una metodología descriptiva se plantea una herramienta que establezca según la información, documentación y recursos disponibles, cuál es el nivel de aplicabilidad de las metodologías consideradas para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos.

De la investigación bibliográfica realizada, no se encontraron metodologías que evalúen el nivel de aplicabilidad de metodologías y menos aún para metodologías de análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en quebradas; por lo tanto, este estudio, al proponer un procedimiento eficiente para determinar el nivel de aplicabilidad de las metodologías para evaluar el riesgo por deslizamientos, en función de la documentación y calidad de información con que se cuente, permitirá un estudio oportuno y eficiente de la zona, optimizando recursos técnicos, económicos y humanos; con el fin de obtener resultados aproximados de las zonas de riesgo por deslizamientos y presentar a los manejadores de riesgos, planificadores y autoridades fundamentos para la toma

de sus decisiones, razón por la cual el estudio se lo considera de importancia y relevancia para la comunidad técnica científica, relacionada a la gestión de riesgos y administración del territorio.

## 1.2. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

En el medio existen varias metodologías para determinar el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos, en cada una se requieren varios parámetros internos del terreno, así como sus detonantes, características de la comunidad, los cuales se propone obtenerlos con o sin necesidad de realizar estudios puntuales en el área.

Existen varias condiciones en las ciudades que generan riesgos, por ejemplo, construcciones en sitios de riesgo, en taludes y quebradas, pero los expertos coinciden en que la mayor causa de riesgo está atada a la informalidad.

La construcción informal en el país es casi del 70% (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2011); por lo tanto el comparar las metodologías, los datos requeridos y el nivel de complejidad para obtenerlos permitirá responder la pregunta: ¿Todas las metodologías para el análisis de riesgos relacionadas a deslizamientos tienen el mismo nivel de aplicabilidad?

La respuesta a esta interrogante presentará un escenario sobre ¿Cuál metodología tiene un mejor nivel de aplicabilidad para la ciudad de Quito o

cualquier zona en estudio, dadas las condiciones y disponibilidad de información?

Conocer de antemano zonas susceptibles a deslizamientos, los elementos del riesgo, su impacto, facilitará la planificación territorial y gestión de riesgos, ya que permitirá tomar acciones de prevención, mitigación mermando el riesgo y reduciendo las condiciones de vulnerabilidad.

Las fuentes de información con que se cuenta, son las derivadas de estudios particulares, consultorías de área cercanas o información que se encuentra en la web comprobada y generada por instituciones técnicas, principalmente, todas contribuyen al conocimiento y aplicación de las metodologías.

Otra fuente de información de primera mano y muy importante, es la memoria histórica de la comunidad, ¿Quién más que ellos para relatar los hechos ocurridos, lo que está ocurriendo y los posibles eventos que podrían ocurrir con el pasar de los años? El trabajar con la comunidad asegura una apropiación del problema y un involucramiento en las soluciones planteadas.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Distrito Metropolitano de Quito, es un territorio donde confluyen amenazas naturales como sismos, erupciones volcánicas, además de períodos de lluvias intensas y factores antrópicos, aspectos que pueden disparar FRM, mismos que al no ser manejados adecuadamente, ocasionan consecuencias

negativas sobre la sociedad e infraestructuras (Aguilar, Verenice, & Carlosama Mojerón, 2017).

Estas amenazas están latentes en varios sectores de Quito, debido a la falta de control de los usos de suelo en las áreas de protección de los cuerpos hídricos, la mala recuperación de ríos y quebradas, el mal mantenimiento del fondo y los taludes de los cauces naturales, así como el mantenimiento de la red de alcantarillado, que producen la degradación del entorno natural generando accidentes debido al relleno de quebradas, que con el pasar del tiempo van repercutiendo de manera directa en la ciudadanía misma (Santillán & Vite, 2011).

De la revisión bibliográfica efectuada, existen varias metodologías para el análisis de riesgos por deslizamientos; sin embargo, no precisan claramente los enfoques, los recursos con que se debe contar para su aplicación y menos el nivel de aplicabilidad o incertidumbre que se obtendrán como resultados, es por esto que se determinó la pertinencia de proponer una metodología que dé inicio analice los tipos de metodologías para el análisis de riesgos por deslizamientos que podrían implementarse, conceptualizarlas para conocer el contexto, el enfoque, alcance de cada una, así como también definir los recursos que se requieren como por ejemplo el personal técnico, sistemas computacionales, información del terreno, información de la comunidad, del entorno del contexto socio ambiental y legal, así como también la calidad de información; a fin de estimar el nivel de la aplicabilidad o incertidumbre de los resultados finales.

La metodología propuesta evalúa el nivel de aplicabilidad de forma cualitativa y cuantitativa, definida en función de los requerimientos mínimos y la

calidad de la información. Los niveles de aplicabilidad se los ha establecido en: Nivel Óptimo, Nivel Confiable y con Alto nivel de incertidumbre. Conociendo estos detalles de la información y resultados, la aplicación se vuelve oportuna con resultados que contribuyan a la toma de decisiones por parte de las autoridades y entes de planificación territorial.

En el Ecuador no se cuenta con una metodología oficial para el análisis de riesgos por deslizamientos, generalmente la selección de la metodología, depende de la visión y experticia del técnico de riesgos responsable, por lo que contar con una herramienta que evalúe a todas las opciones metodológicas, en función de los parámetros antes mencionados, establezca cuál de ellas es la más oportuna para las condiciones particulares de la zona a estudiar considerando los recursos con que se cuenta, es un elemento fuerte bajo el cual tomar las decisiones y optimizar recursos.

#### **1.4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS**

##### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionado a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito.

##### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las metodologías para el análisis de riesgo por deslizamientos.
- Definir los requerimientos técnicos de las metodologías seleccionadas.

- Establecer una herramienta de selección y calificación de la información requerida para la aplicación de las metodologías seleccionadas.
- Generar indicador o indicadores para definir el Nivel de aplicabilidad de las metodologías seleccionadas.
- Evaluar en función de los indicadores el nivel de aplicabilidad.
- Sistematizar la propuesta metodológica que permita determinar el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en las Quebradas del DMQ.
- Validar la propuesta con expertos, mediante el método Delphi.

### 1.5. JUSTIFICACIÓN

Los deslizamientos son movimientos ladera debajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura, según la superficie de ruptura los deslizamientos de forma general se clasifican en rotacionales, translacionales y planos (Alcántara Ayala, 2000).

Los deslizamientos a lo largo del tiempo han afectado a la humanidad, por ejemplo: en 1974, uno de los más grandes deslizamientos de la historia ocurrió en el valle del río Mantaro en los Andes del Perú (Hutchinson and Kogan, 1975).

Se formó una represa temporal por el represamiento del río Mantaro a causa del deslizamiento, generando inundación que afectó a granjas, puentes, carreteras y pérdida de vidas humanas; este desastre es una muestra del potencial destructivo de los deslizamientos de tierra y el por qué son considerados peligrosos (Rodgers, K. P., 1993), bajo estas consideraciones, el

analizar el riesgo por deslizamientos y tomar acciones de prevención y mitigación es importante en la gestión del riesgo y para la comunidad.

A través de las metodologías para el análisis de riesgo por deslizamiento, se estiman zonas susceptibles, evalúan el impacto a las comunidades expuestas, entre otros elementos, que sin duda contribuyen a generar escenarios de riesgo que permitan la toma de decisiones y la planificación del ordenamiento territorial con fundamentos técnicos y de manera oportuna.

En la variedad de metodologías existentes, no son precisos los enfoques, los recursos que necesita para su implementación, lo que en la mayoría de los casos prolonga los tiempos de análisis.

En el contexto planteado, proponer un procedimiento que evalúe el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos por deslizamientos, se vuelve consecuente y oportuno.

El procedimiento se lo visualiza como una herramienta de apoyo a los manejadores de riesgos, planificadores; que encuentren la respuesta de que metodología es óptima aplicar para evaluar el riesgo, la susceptibilidad, la amenaza, el impacto entre otros, dependiendo de la zona a estudiarse y de la calidad de información con que se cuente.

La validación y calificación del nivel de aplicabilidad de las metodologías, se las efectuará en función de la calidad de información disponible, de manera grupal e individualmente, generando indicadores general y específico, lo que al final permitirá definir el nivel de aplicabilidad de las metodologías y la confiabilidad de los resultados a obtener.

La selección oportuna y eficiente de la metodología, a través de la aplicar procedimiento propuesto, permitirá una correcta identificación, análisis y evaluación del riesgo, que defina las variables que pueden afectarse, merma sustancialmente el impacto generado por este evento adverso, a la infraestructura y la comunidad fundamentalmente.

Este análisis previo busca implementar la metodología para el análisis de riesgos por deslizamientos, en menor tiempo, con información verificable que analice integralmente el riesgo y plantee obras para mitigar las condiciones inseguras y disminuir el impacto.

Este mecanismo propuesto para evaluar el nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamiento, sería posible aplicarlo a cualquier zona que requiera estudiarse, pues dependerá de las metodologías disponibles y sus requerimientos.

En este contexto, el presente estudio es de actualidad y aplicación directa en la optimización de análisis y evaluación de riesgos referentes a deslizamientos.

Con una relevancia social importante ya que la comunidad es el principal elemento expuesto en este tipo de fenómenos, por lo tanto, si se pueden estudiar las zonas oportunamente, se optimizarán recursos y los resultados permitirán a las autoridades y manejadores de riesgo, tomar decisiones acertadas y fundamentadas en el conocimiento.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

El hombre es responsable de la noción del riesgo, ya que lo ocurrido antes de su evolución no lo implica, solo la incertidumbre de su futuro, en donde los procesos naturales que mantienen al planeta en constante cambio, principalmente aquellos de desarrollo rápido, adquieren relevante importancia, puesto que ponen en peligro y evidencian la fragilidad de la especie humana; cuyas actividades además se reconocen como las principales causas de alterar drásticamente los ecosistemas, pasando el riesgo a ser la suma de los procesos de origen humano, que interactúan con una amplia gama de procesos naturales (Chávez López, 2017).

Existen varios conceptos sobre Riesgos, dados por instituciones internacionales que buscan la reducción de los impactos debido a los eventos adversos de origen natural o antrópico, sin embargo se harán énfasis en la terminología sobre reducción del riesgo de desastre propuesta por la Asamblea General de Naciones Unidas

Riesgo, “La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.” (UNISDR, 2009).

#### Ecuación 1 Riesgo

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

Otro concepto de riesgo de desastres puede considerarse a las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían (BID, 2018) ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro.

Los conceptos de Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad.

Amenaza: “Es un proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, interrupciones sociales y económicas o daños ambientales” (UNISDR, 2016).

La amenaza se divide, de acuerdo a la Comunidad Andina:

Tipos de amenazas:

- Amenazas naturales: asociadas predominantemente a procesos y fenómenos naturales.
- Amenazas antropógenas o de origen humano: inducidas de forma total o predominante por las actividades y las decisiones humanas. Este término no abarca la existencia o el riesgo de conflictos armados y otras situaciones de inestabilidad o tensión social que están sujetas al derecho internacional humanitario y la legislación nacional.
- Amenazas socionaturales: se asocian a la combinación de factores naturales y antropógenas, como la degradación ambiental y el cambio climático.
- Amenazas múltiples: selección de amenazas importantes que afrontan la región, subregión o país, y que, en los contextos particulares, pueden

producirse simultáneamente, en cascada o de forma acumulativa a lo largo del tiempo, los efectos pueden ser relacionados entre sí.

En el mismo documento elaborado por la Comunidad Andina de Naciones (2018), clasifica a las amenazas por su origen son: Biológicas, Ambientales, Geológicas o geofísicas, hidrometeorológicas y tecnológicas.

En el contexto del presente estudio, las amenazas que estarían relacionadas con los deslizamientos son: las geológicas o geofísicas y las hidrometeorológicas (CAN, 2018).

Capacidad: “Combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una organización, comunidad o sociedad que puedan utilizarse para gestionar y reducir los riesgos de desastres y reforzar la resiliencia” (UNISDR, 2016).

En el Ecuador, como ente rector de la Gestión de Riesgos, la Secretaría de Gestión de Riesgos, en el año 2017, plantea un glosario de términos.

Desastre: “Es una interrupción grave en el funcionamiento de la comunidad en alguna escala, debido a la interacción de eventos peligrosos con las condiciones de exposición y de vulnerabilidad que conlleva a pérdidas o impactos de alguno de los siguientes tipos: humanos, materiales, económicos o ambientales que requiere atención del Estado central (SGR, 2017).

Los deslizamientos son movimientos ladera debajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura (Alcántara Ayala, 2000).

Los deslizamientos, se relacionan con saturación del suelo a causa de fuertes precipitaciones, taludes con pendientes fuertes, actividad sísmica, actividades humanas (corte de taludes, rellenos que crean pendientes), erosión, deforestación, vibraciones a causa de explosiones mineras.

Los efectos más comunes de materializarse el deslizamiento son: obstrucción de puentes y carreteras, pérdidas en los sistemas agroproductivos, colapsos estructurales, pérdidas humanas (SGR, 2018).

Continuando con el glosario, se tiene:

Los diferentes escenarios, de acuerdo a la Secretaría de Gestión de Riesgos (2018).

Escenarios de afectación: Es un análisis técnico que describe, de manera general, las condiciones probables de daños y pérdidas que puede sufrir la población y sus medios de vida, ante la ocurrencia de eventos de origen natural o antrópico teniendo en cuenta su intensidad, magnitud y frecuencia, así como las condiciones de vulnerabilidad que incluye la fragilidad, exposición y resiliencia de los elementos que conforman los territorios como: población, infraestructura, actividades económicas, entre otros (SGR) (SGR, 2018).

Escenario básico de impacto: Conjunto coherente de variables y suposiciones de contexto que permiten analizar las posibles afectaciones de un evento peligroso y dan soporte a la ejecución de planes de acción, disminuye las incertidumbres y no prevé lo que sucederá, sino que describe situaciones posibles. Es el punto de partida para la respuesta y de forma dinámica permite ajustar los valores de sus variables en función de las evaluaciones de daños

realizadas (Mecanismos estratégicos para la Respuesta – Consultoría Banco Mundial, 2017) (SGR, 2018)

Evento o suceso peligroso: “Es la manifestación o materialización de una o varias amenazas en un período de tiempo específico (UNISDR, 2016).

Exposición: “Situación en que se encuentran las personas, las infraestructuras, las viviendas, las capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas” (UNISDR, 2016).

La exposición es un componente a considerar ya que en la región de América Latina y el Caribe está expuesta a numerosas amenazas naturales y sus impactos ya se sienten (BID, 2018)

Gestión del riesgo de desastres: “Es la aplicación de políticas y estrategias de reducción con el propósito de prevenir nuevos riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo con ello al fortalecimiento de la resiliencia y a la reducción de las pérdidas por desastres (UNISDR, 2016).

Impacto del desastre: Es el efecto total de un suceso peligroso o un desastre, incluidos los efectos negativos y positivos, los impactos económicos, humanos y ambientales; puede incluir la muerte, las lesiones, las enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social (UNISDR, 2016).

Peligro de deslizamiento de tierras: representado por la susceptibilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área (Rodgers, K. P., 1993).

Susceptibilidad como: “expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.” (IUGS, 1997).

Vulnerabilidad: “Condiciones determinadas para factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas” (UNISDR, 2016).

El presente estudio se enfoca en la evaluación del Nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a el deslizamiento, las metodologías consultadas basan sus análisis en factores pasivos de la zona, es decir mecánica de suelos, condiciones del relieve y humedad del suelo; factores detonantes como sismos y precipitaciones, además se evalúa la vulnerabilidad y exposición de la comunidad, para establecer el impacto en la zona de estudio o generar escenarios de riesgo, principalmente ante la amenaza de deslizamientos.

Para definir el nivel de aplicabilidad se han definido 5 metodologías diferentes, unas analizan la amenaza, otras la vulnerabilidad, el impacto y el riesgo desde diferentes ópticas.

Las metodologías cualitativas, dan relevancia a la proximidad, basada en la observación de casos concretos y al comportamiento del ser humano en actividades importantes para ellos; valora también el comportamiento ordinario sin alterar su rutina, pues esta investigación pretende descubrir la estructura, no

imponerla, con miras a obtener resultados reales de lo que ocurre o podría ocurrir ante circunstancias concretas o en la interacción social (Martínez Miguélez, y otros, 2004).

Los métodos cualitativos se caracterizan porque su objetivo es la recopilación y reconstrucción de significado, con un lenguaje conceptual y metafórico, de ese modo captar la información flexible y desestructurada, con procedimientos más intuitivos que deductivos, orientada a obtener resultados holísticos y concretos (Martínez Miguélez, y otros, 2004).

Se considera que estudiar la rutina social sin alterarla propone un marco más real de la sociedad; para lo cual, el trabajo con la comunidad, recorridos por las zonas, memoria histórica, información periodística entre otras fuentes de información propician a construir escenarios reales de las condiciones actuales de la o las zonas de estudio y de su comunidad

En el caso de las metodologías cualitativas, se las podría considerar provisionales o iniciales, como referencias hasta recopilar información más detallada del lugar a estudiarse, pero esto no las hace menos importantes.

En varios casos estudiados se evidencia su importancia, por la agilidad con que obtiene resultados que llevarían a priorizar lugares y casos de estudio más específicos.

En los “métodos cuantitativos” se determina una variada serie de procedimientos y conceptualizaciones no siempre comunes, cuyo elemento a fin radica en la propiedad de objetivar el fenómeno en estudio por medio de la

medición, u otras operaciones como por ejemplo la clasificación y el conteo.” (Bar, 2010).

“El dato cuantitativo resultante de la medición es un valor de variable.” (Bar, 2010). Este valor numérico, aparentemente sencillo, es producto de varios supuestos discutibles.

En este caso para la aplicación de las metodologías cuantitativas se requiere de mediciones, conteos in situ que permita definir la caracterización de las zonas, determinando las condiciones actuales y generando posibles escenarios futuros, para lo cual datos de campo, estadísticos son fundamentales pues son su razón de ser. Se piensa que los resultados de esta metodología son más precisos, pero hay que recordar que está basado en varios supuestos, por lo que es preciso verificar a detalle la información que se ingresa.

En este caso se han analizado estudios donde se comparan un grupo de variables para obtener datos de probabilidad de deslizamientos, se evalúan usando relaciones estadísticas entre la precipitación y la ocurrencia de eventos de inestabilidad, y de esta manera se obtienen umbrales de falla que arrojan la cantidad de lluvia que puede soportar un talud (Hidalgo, 2011).

En estos análisis se toman datos reales estadísticos de los niveles de precipitación antes y después de la ocurrencia de los eventos, y se obtiene una base de datos que puede ser adoptada para el estudio.

Por otro lado, los métodos semi – cualitativas o semi cuantitativas, son “aquellos que, no llegando al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa, suponen un avance hacia ello desde los métodos cualitativos” (Dirección

Nacional de Protección Civil de España, 2018). Estos métodos se alimentan de fuentes de información tales como recorridos de campo, interacciones con la comunidad, que permiten genera un espectro aproximado de la situación de la zona a estudiarse.

Estas metodologías se alimentan de distintas fuentes de información, que se fortalecen con herramientas adicionales.

En la era tecnológica, Técnicas de Teledetección (TRS) y Sistema de Información Geográfica (SIG) de recopilación y análisis de datos, permite la elaboración de mapas y por ende generación de escenarios de riesgo, los cuales se complementan con la interrelación y el aporte de la comunidad como pilar de la gestión de riesgos. La comunidad se vuelve una fuente de consulta y apoyo científico para establecer condiciones pasadas, presentes y futuras que generen escenarios de riesgos.

Las fuentes de información son variadas y dependerán del tipo de metodología a emplear.

Esto podría guiar a que la propuesta ideal o acercamiento a la hipótesis sea una metodología mixta de análisis de riesgos, donde se pueda fusionar lo empírico y lo científico, y obtener mayor agilidad en la resolución del conflicto, ya que la primera se obtiene un diagnóstico inicial y la segunda una verificación y aproximación a establecer los riesgos en las quebradas o cualquier otra área de estudio.

Cabe recalcar que cualquier documento analizado es una referencia para el análisis, ya que como se ha tratado en los epígrafes anteriores, la realidad de

Quito, sus quebradas y de manera general todas las zonas por estudiar son distintas, y el motivo de este documento es determinar el nivel de aplicabilidad de las metodologías de evaluación de riesgos por deslizamientos, con esto se propone reducir de selección.

Las metodologías se basarán en evaluaciones de datos técnicos como niveles de precipitación, sismicidad, nivel de humedad en el ambiente, tipos de suelo, morfología del suelo, comunidad, inventario de la infraestructura que podría afectarse, etc.

Nivel de Aplicabilidad, es un término primordial en este estudio por lo que en función de las acciones a seguirse se pretende definirlo.

Evaluar: “Estimar, apreciar, calcular el valor de algo” (RAE, 2020).

Nivel: “Categoría o rango” (RAE, 2020).

Aplicabilidad: “La Calidad de aplicable.” (RAE, 2020).

Metodología: “Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal” (RAE, 2020).

Método: “Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla” (RAE, 2020).

Procedimiento: “Acción de proceder” (RAE, 2020).

Ponderar: “Determinar el peso de algo” (RAE, 2020).

El método de factores ponderados, consiste en “asignar un peso de importancia (ponderación) a todos los factores que concurren en la decisión de ubicarse en un determinado lugar; ello permite poder reunir y “sumar” las premisas cualitativas con las cuantitativas” (Vértice, 2007).

Indicador: “Que indica o sirve para indicar” (RAE, 2020).

Quebrada: “Paso estrecho entre montañas. Hendidura de una montaña.

Arroyo o riachuelo que corre por una quiebra” (RAE, 2020).

Índices Compuestos o Complejos ponderados. Hasta ahora, nos hemos limitado a recoger distintas situaciones en las que los indicadores parciales participaban de la misma manera en la formulación del índice. No obstante, con bastante frecuencia, no todos los indicadores comparten la misma importancia respecto al fenómeno que tratan de descubrir. La manera de expresar esa diferencia en un índice es mediante las ponderaciones, situando en ellas el principal problema que debemos superar (Rodríguez-Jaume, 2000).

Bajo este marco referencial, la propuesta de definir una metodología para evaluar el nivel de aplicabilidad de las metodologías de análisis de riesgos por amenaza de deslizamientos se vuelve oportuna y contribuirá a seleccionar la metodología de análisis más acertada, que se adapta a la información sobre las condiciones físicas, mecánicas y sociales con que se cuente un área de estudio; así se optimizarán tiempos y las evaluaciones proporcionarán las herramientas a los tomadores de decisión.

Conociendo y aplicando la metodología óptima, se obtienen los resultados deseados, es decir evaluar los elementos del riesgo y el nivel de riesgo en las zonas susceptibles a deslizamientos.

Esta información contribuyen a disminuir el impacto en las zonas amenazadas por deslizamientos, lo cual, aporta a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que contempla la Agenda 2030.

Los ODS coincidieron con otro acuerdo histórico celebrado en 2015, el Acuerdo de París aprobado en la Conferencia sobre el Cambio Climático (COP21). Junto con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, firmado en el Japón en marzo de 2015, estos acuerdos proveen un conjunto de normas comunes y metas viables para reducir las emisiones de carbono, gestionar los riesgos del cambio climático y los desastres naturales, y reconstruir después de una crisis (PNUD, 2020).

Al gestionar los riesgos del cambio climático y los desastres naturales, en este caso los impactos de deslizamientos, se disminuirán pérdida de vidas humanas, daño a la infraestructura pública, afectación al medio ambiente; lo que contribuye al crecimiento del Ecuador en el aspecto económicos, social, ambiental.

## CAPÍTULO III

### 3. DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se fundamenta en una investigación del tipo descriptiva, en donde se diseñará una herramienta para determinar el nivel de aplicabilidad de cinco metodologías para el análisis de riesgo para amenazas por deslizamientos en quebradas. Estas metodologías se fundamentan en el concepto del riesgo basado en amenaza, exposición, vulnerabilidad e Impacto, considerando los factores permanentes y no permanentes, mismos que fueron extraídas de investigaciones científicas o estudios anteriores en distintas partes del mundo.

#### 3.2. PROPUESTA METODOLÓGICA.

Para desarrollar el estudio, se requiere de una investigación bibliográfica sobre metodologías para calcular amenazas, vulnerabilidad, riesgo, impacto, cálculo de factores ponderados, nivel aplicabilidad entre otros.

Contando con el conocimiento, de inicio se plantearán los objetivos general y específico a alcanzar, con un marco teórico fuerte que sustente los criterios y actividades a desarrollar.

El objetivo de la tesis es la Evaluación del Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el Análisis de Riesgos relacionados a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito, de la bibliografía se seleccionarán

las Metodologías para el Análisis de Riesgos relacionados a deslizamientos, como pasos iniciales.

Estas metodologías que definen zonas susceptibles a amenaza por deslizamientos, o definen vulnerabilidades de las comunidades expuestas al deslizamiento o que establezcan escenarios de riesgo son importantes para la planificar el ordenamiento territorial y a futuro gestionar el riesgo de desastres relacionados con este tipo de eventos.

Determinar de antemano, las zonas expuestas a deslizamientos y conocer su impacto, permitirá definir obras o acciones preventivas y de mitigación para posteriormente mantener las condiciones dentro de parámetros de aceptabilidad.

Los criterios fundamentales para la selección de las metodologías fueron, que estas hayan sido utilizadas en anteriores ocasiones con resultados positivos, que quienes las proponen sean organismos internacionales de prestigio.

Las metodologías propuestas son:

- El método de Mora –Vahrson, permite determinar zonas de amenaza, es un modelo muy utilizado en Centroamérica (Quesada & Feoli, 2018).
- “Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades (AVC), propuesta por la Federación Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja” metodología que se la efectúa en base al trabajo con la comunidad, memoras históricas, recorridos (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2006).

- Metodología morfométrica, (Quesada & Feoli, 2018).
- Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el especialista Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador (SNET, 2014).
- “Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, Organización de Estados Americanos”, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, USAID, (Rodgers, K. P., 1993).

El primer paso es definir las necesidades de estudio, entre estas el elemento a estudiar, el nivel de precisión, costo y tiempo, y en función de ello se recomienda la metodología que se ajuste a estos requerimientos.

Luego de contar con las metodologías se procederá a analizarlas y extraer sus requerimientos mínimos, a fin de crear una tabla de verificación, la cual según sea la información con que se cuente se procederá a evaluar la calidad de información para posteriormente ponderara cada uno y verificar nivel de aplicabilidad de la metodología recomendada, según los indicadores propuestos.

### **3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

A fin de cumplir los objetivos contemplados en este estudio, se propone realizar una investigación de tipo descriptiva y aplicada, mismas que serán empleadas en las diferentes etapas del estudio conforme lo indicado a continuación:

1. Investigación de tipo descriptiva - documental: de los artículos científicos consultados se utilizarán cinco metodologías para analizarlas, de las cuales se efectuará una breve descripción, definiendo los elementos que se pueden estudiar, extrayendo los requerimientos técnicos necesarios para su aplicabilidad, es decir información de base, desarrollo de la metodología y productos a obtener. Se requiere una valoración cualitativa de cada requerimiento para lo cual se plantea un estándar mínimo para la verificación, en función de la calidad de información con que se cuente y una valoración cuantitativa que se efectuará a través de la sumatoria de factores ponderados de requerimientos en forma individual y colectiva, para al final verificar si los indicadores superan el estándar propuesto.
2. Investigación aplicada, ya que se establecerá una sistematización de la metodología propuesta.
3. Para la validación del procedimiento propuesto se empleará el Método Delphi, para lo cual se preparará una breve síntesis de las metodologías, adjuntando un cuestionario sobre la información que se desea validar, dicha información será remitida a los expertos para su revisión. Posteriormente mediante una reunión se expondrá la propuesta y se aclararán las dudas. Finalmente, mediante una encuesta se realizará la validación, mismas que al final del día se tabularán para obtener los resultados y sacar las conclusiones pertinentes.

### 3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrollará mediante un método analítico, pues se estudiarán sus partes de manera individual para luego unir criterios y establecer conclusiones integrales.

**Tabla 1 Resumen de métodos de investigación**

Nro.	Etapa	Técnica Investigativa	Forma
1	Definición de las metodologías y sus requerimientos	Análisis documental	De las metodologías seleccionadas, se efectuará una revisión bibliográfica para determinar el elemento que estudia y establecer los requerimientos mínimos a verificar,
2	Evaluación de la calidad de la información	Análisis documental	Se plantearán criterios para cada requerimiento en el cual, se detallará la condición mínima para ser considerada la información de calidad.
3	Evaluación por puntaje	Matemática	Cada requerimiento será calificado en función de la calificación cualitativa. Se valorará y ponderará cada uno para obtener sus ponderaciones.
4	Resultado	Análisis Comparativo, Deducción	Obteniendo los indicadores de los factores ponderados, y de los requerimientos, se procederá a comparar y obtener el nivel de aplicabilidad

Fuente y Elaboración: Autor investigativo

El cuadro anterior permitirá desarrollar la metodología de manera lógica para determinar el Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el Análisis

Riesgos relacionados a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito.

### **3.5. DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS SELECCIONADAS**

#### **3.5.1 Metodología de Mora Vahrson**

Esta metodología permite conocer el grado de susceptibilidad a deslizamientos, a través de generación de mapas de zonas susceptibles a este tipo de eventos. De inicio se requiere información para delimitación de la zona a estudiar.

Se fundamenta en la combinación de los factores pasivos (litología, humedad del suelo y pendientes) que son los que llevan a la inestabilidad del talud y los factores de disparo (sismicidad y precipitaciones).

Parámetros de humedad del suelo ( $P_h$ ) se requiere contar con información pluviométrica de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio o en sus alrededores.

Parámetro de pendiente ( $P_p$ ) se requiere contar con un mapa de pendientes para lo cual se pueden utilizar fotografías aéreas, planos topográficos en escala 1:50.000 mínimo, a partir del cual se realiza el Modelo de Elevación Digital, en base al cual se calculan las pendientes de los taludes.

Parámetro litológico ( $P_l$ ) se requiere un mapa geológico, mismo que puede obtenerse de la fotointerpretación de imágenes satelitales o geologías regionales o locales existentes.

Combinando los tres factores se obtienen el mapa de susceptibilidad por elementos pasivos.

De igual manera esta metodología requiere elaborar mapas de factores de disparo, el primero por sismicidad ( $D_s$ ) y la segunda por precipitaciones ( $D_{II}$ ), el resultado de la combinación de estos, genera el mapa de disparo.

**Ecuación 2 Índice de susceptibilidad, Mora - Vahrson**

$$S = (P_l * P_h * P_p) * (D_s + D_{II})$$

S= índice de susceptibilidad

Para la determinación de los índices de los factores pasivos y activos, la metodología propone cuadros en función de la información de la zona a estudiar.

El producto final es un mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

Esta metodología es utilizada en la zonificación de susceptibilidades por deslizamiento, que aporta al ordenamiento territorial pero no equivalen a estudios de estabilidad de taludes (Quesada & Feoli, 2018).

### 3.5.2 Análisis de vulnerabilidad y capacidad (AVC)

La metodología analiza la vulnerabilidad y capacidad (AVC), fue desarrollada por Cruz Roja y Media Luna Roja, pretende evitar que fenómenos adversos generen desastres y centrar los esfuerzos en cómo reducir los impactos, enfocado en el estudio de la zona en conjunto con la comunidad.

Esta interacción permite definir las amenazas naturales, antrópicas, actuales y futuras, además de las vulnerabilidades diagnosticando las debilidades y fortalezas con fin de trabajar en ello y contar con una comunidad capacitada.

La metodología inicialmente parte de la recopilación de información sobre vulnerabilidad, cómo analizarla y sistematizarla, y esta recopilación se la obtiene directamente de la comunidad, por lo que la hace participativa e interactiva, ya que la misma comunidad determina las amenazas a las que están expuestos en presente o a futuro, define sus fortalezas, debilidades, para elaborar su línea base y generar planes de acción de mejora, mismos que son puestos a consideración de las autoridades.

El conocer el estado actual de la zona y posibles eventos fortuitos, permite que la comunidad se prepare y con ello, de darse el evento los impactos que se generen puedan ser absorbidos por la comunidad y su entorno.

Los Objetivos de desarrollo sustentable del milenio que se encuentran alineados con el AVC, son los siguientes:

1. Erradicar pobreza extrema y hambre
2. Educación primaria universal
3. Igualdad de género y autonomía de la mujer
4. Mortalidad infantil
5. Salud interna
6. Combatir sida, malaria, etc.
7. Sostenibilidad del medio ambiente
8. Asociación mundial para el desarrollo

En concordancia con el AVC, estos objetivos ayudan en la capacidad de resistencia de las comunidades y en el aprovechamiento de sus capacidades, para el Diseño de proyectos comunitarios, pero cabe recalcar que esta metodología no es apta para un análisis a nivel nacional.

El AVC usa herramientas participativas para entender el grado de exposición de cada comunidad, por lo que habría que segmentar el análisis en una nación, y obtener resultados locales con su respectiva capacidad de respuesta a los fenómenos naturales. Esta metodología se adapta para analizar el riesgo por deslizamientos, siendo este el enfoque esencial.

Síntesis del Proceso de un Análisis de Vulnerabilidad y Capacidades.

Nivel 1: se enfoca en entender el por qué se propone un AVC, sensibilizar a los dirigentes de la sociedad nacional, constituir estructura de gestión y fijar objetivos.

Nivel 2: consiste en planificar, preparar el AVC, definir las herramientas de investigación con la comunidad, sistematizar, analizar e interpretar datos y devolver la información a la comunidad, decidir prioridades y acciones de transformación.

Nivel 3: Transformar la vulnerabilidad en capacidades mediante acciones prácticas, escribir recomendaciones e informes para autoridades locales, ejecutar el programa: proyectos de reducción del riesgo

Procesos: Recopilación de fuentes de información, selección y análisis de información, evaluación participativa, aplicación de los principios del modelo AVC (Iniciativa “Mejor Diseño de Programas” MDP).

Herramientas: existen muchas técnicas para obtener la información, desde revisión de información pasada, datos comunitarios, entrevistas, observación directa, evaluación de vulnerabilidad de hogares, análisis de medios de subsistencia y análisis de estrategias de superación, análisis de redes sociales e institucionales, evaluación de la capacidad de organizaciones populares, entre otros.

Métodos: son varios para trabajar con la comunidad y obtener la información, se propone por ejemplo: Lluvia de ideas, clasificación / ranking, método de la pared, árbol de problemas, reunión comunitaria, trabajo conjunto

Observación directa, se necesita información demográfica, infraestructura, salud, saneamiento y otros servicios esenciales, actividades cotidianas, vulnerabilidad y capacidades visibles

Con esta información se pueden generar: mapa de amenazas y riesgos, mapa espacial y mapa de recursos y capacidades (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2006).

### 3.5.3 Metodología Morfométrica.

Simonov en 1985, fue quien planteo los métodos morfométricos como una herramienta para determinar la susceptibilidad a ocurrencia de procesos de laderas (deslizamientos en su acepción más amplia). (Quesada, Feoli., 2017).

Al estar en la era tecnológica, donde las telecomunicaciones se han vuelto en el pilar de desarrollo, el definir una línea base de información geográfica a los efectos del riesgo basada en Técnicas de Teledetección (TRS) y Sistema de Información Geográfica (SIG) de recopilación y análisis de datos, es un aporte.

Esta metodología requiere de mapas topográficos de escala 1:50.000 o superiores, el modelo de elevación y la red fluvial de la zona a estudiar, del cual se extraerán las variables morfométricas que son los factores que caracterizan las condiciones del terreno, que intervienen en para la determinación de área susceptibles a deslizamientos, las variables son: densidad de la disección (D), profundidad de la disección (P), energía del relieve (E) y erosión total (ET).

La densidad de Disección (D), establece zonas de mayor o menor concentración de curso fluviales y su erosión fluvial. Los elementos que evalúa son: competencia del sustrato, fracturas o fallas, inclinación del terreno, cobertura vegetal, intensidad y tipo de precipitación.

Profundidad de la disección (P) mide la actividad erosiva vertical de los ríos, dependen de: la litología, pendiente del terreno, precipitaciones y planos de fragilidad del sustrato. Es una diferencia de altitudes, se mide en metros.

La energía del relieve (E): “determina la diferencia máxima de la altura relativa en metros en un área específica y representa la energía potencial que se desprende del relieve.” (Quesada, Feoli, 2017).

Erosión Total (ET), se obtiene por una diferencia de alturas, entre las zonas con mayor o menor erosión del relieve, se requiere de un plano topográfico.

La Susceptibilidad a ocurrencia de procesos de ladera (deslizamientos en su acepción más amplia) (SPL), se expresa de la siguiente manera:

**Ecuación 3 Ecuación Metodología Morfométrica, zonas susceptibles a deslizamientos**

$$SPL = D + P + E + ET / 4$$

Esta metodología se facilita con la automatización de la información a través de Sistemas de Información Geográfica. Los mapas con cada uno de los insumos facilitan la interpretación y obtención de la susceptibilidad (Quesada & Feoli, 2018).

### **3.5.4 Metodología Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES Guía para el especialista, Instrumentos de apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales.**

La metodología es una propuesta que en el autor manifiesta en su introducción que ofrece un marco de trabajo para poder implementarse en otros lugares. Es una evaluación cuantitativa, que adapta y consolida varias metodologías para analizar cada elemento del riesgo.

Esta metodología realiza evaluaciones de la amenazas y análisis de riesgo dirigido a un uso técnico administrativo, basado en criterios básicos y fáciles de aplicar para la identificación, tipificación y caracterización de las amenazas ( (SNET, 2014)

Esta metodología analiza el riesgo desde la perspectiva participativa, basada en: Evaluación de amenazas: emplea una evaluación cuantitativa, en donde la amenaza en un sitio específico se podría caracterizar en función de cada evento posible (i). La amenaza está en función de la magnitud del evento ( $m_i$ ), que puede ser medido por la energía, volumen, velocidad, entre otras y la frecuencia o probabilidad de ocurrencia del evento  $p(m_i)$ , expresado en porcentajes anuales.

La Evaluación de la vulnerabilidad en términos cuantitativos, se representa en función de los bienes expuestos en una zona específica a una amenaza específica, la cual está caracterizada por:  $W$  que corresponde al valor

del bien expuesto, y la vulnerabilidad específica, que no es otra cosa que el porcentaje del valor del bien expuesto que se perdería ante el impacto de un evento de magnitud ( $m_i$ ).

Por último, la Evaluación del riesgo, en esta metodología se enfoca en analizar el riesgo y estimar las posibles pérdidas para los diferentes eventos peligrosos posibles. El riesgo ( $R$ ) se lo define como el producto de la amenaza  $p(m_i)$  por la vulnerabilidad ( $W * V(m_i)$ ).

**Ecuación 4 Riesgo (SNET)**

$R = p(m_i) * W * V(m_i); \text{ definido en términos de costo por año.}$
---

Por lo tanto, se requiere de datos específicos de la zona a estudiar, los requisitos mínimos son: magnitud de cada posible evento ( $i$ ), frecuencia anual de los mismos. Valor de los bienes expuestos y porcentaje del valor expuesto que se podría perder ante el impacto de un evento de magnitud ( $m_i$ ).

El resultado es el corto de pérdidas al año, ante el impacto de un evento de magnitud ( $m_i$ ).

**3.5.5 Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)**

Del Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado, elaborado por el Proyecto de Peligro Naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente con apoyo de la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), se ha considerado la Evaluación del peligro de deslizamiento de tierra como una metodología aplicable, del cual se procederá a efectuar una descripción de la cual se extraerán los requerimientos con el fin de establecer las necesidades del método y poder comparar con la información con la que se cuenta.

Esta metodología se caracteriza por:

- Utiliza mapas temáticos e información de percepción remota. (Estudio de desarrollo).
- Diseñada para brindar información sobre peligros de deslizamientos, en cada etapa de planificación.
- Para establecer el peligro de un área se utiliza la susceptibilidad relativa a deslizamientos.
- Aplicable a zonas de geomorfología y de vegetación diferente.
- Se aplica dentro de las restricciones de tiempo y presupuesto de un estudio

La metodología al igual que otras se focaliza en la evaluaciones de peligro, evaluaciones de vulnerabilidades y Análisis de Riesgos.

Peligro de deslizamiento de tierra: representado por la susceptibilidad, que es la probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área (Rodgers, K. P., 1993).

Vulnerabilidad: es el nivel de poblaciones, propiedades, actividades económicas, incluyendo los servicios públicos, etc., en riesgo en determinada área como resultado de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra de determinado tipo (Rodgers, K. P., 1993).

Además, riesgo (específico): el monto de las pérdidas esperadas por causa de un fenómeno particular de deslizamiento (USAID, 1993).

Sobre las estrategias para peligros específicos en este caso de los deslizamientos de tierra, el Proyecto de Peligro Naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente con apoyo de la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) manifiesta que: ...la información existente raramente es suficiente para evaluar el potencial de deslizamiento en un área de estudio, pero las nuevas técnicas permiten un análisis rápido del potencial posible. Anteriores deslizamientos pueden ser ubicados sobre fotografías aéreas o imágenes de satélite, y se puede compilar un mapa de zonificación de deslizamientos, mostrando la relación entre el deslizamiento de tierra y factores causales, que en esta metodología corresponde a: roca firme- inclinación, y condiciones de humedad (Rodgers, K. P., 1993).

La metodología tiene como medios y técnicas para la evaluación de desastres naturales a:

- Sistemas de Información Geográfica (SIG), se referencia la información geográfica de la zona, facilitando el almacenamiento, acceso y análisis de los datos, ya sea como mapas o en tabulaciones.
- Manejo de información generada por sensores remotos, refiere al almacenamiento y procesamiento de la información obtenida de sensores colocados en aeronaves o en satélites. Permite realizar un levantamiento de eventos pasados o identificar las condiciones actuales de la zona, instalaciones e infraestructura relevante, comunidades.
- Técnicas especiales de cartografía. Con la información obtenida sobre las condiciones físicas del terreno, se elaboran mapas de las amenazas, producto de este análisis se generan mapas de peligros individuales por amenaza o múltiples, que combinan las evaluaciones de dos o más peligros naturales sobre un solo mapa.

Para la elaboración de mapas el tipo de información básica requerida son: fotográfica, topográfica, geológica, hidrológica, climatológica y de suelos y existente para regiones pobladas. Además, requiere conocer los deslizamientos del pasado y su distribución, roca firme, calidad de pendiente o inclinación, factor hidrológico, efectos iniciados por el ser humano,

Lo que permite analizar la vulnerabilidad y el riesgo ya que los efectos combinados de los fenómenos naturales sobre un área, pueden ser determinados y se pueden identificar técnicas de mitigación adecuada para ellos.

Evaluaciones de peligro, se concentra en la establecer la ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia de un peligro natural en determinado tiempo y área (Rodgers, K. P., 1993)

Evaluaciones de Vulnerabilidades, se determina en función de la identificación de asentamientos humanos, instalaciones críticas y de producción vulnerable. El análisis de riesgo, se expresa en función del número esperado de víctimas, de personas lesionadas, daños a propiedades y alteración de la economía.

Los deslizamientos a nivel mundial han provocado desastres con pérdidas incalculables tanto en lo económico como en vidas humanas. Esto debido a que, en muchas ocasiones se consolidan ciudades a pies de taludes inestables o en bordes de quebrada, que a la larga les afecta, es por esto que la planificación del ordenamiento territorial debe contar con estudios de riesgos.

La propuesta metodológica permite aportar a la toma de decisión sobre que metodología es más aplicable y la confiabilidad de los resultados, lo cual optimiza los tiempos y por ende se convierte en una herramienta para quienes tienen que tomar decisiones los hagan amparados en la técnica.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS REQUERIDOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS A UTILIZARSE EN EL ANÁLISIS DE RIESGOS**

#### **4.1. DEFINICIÓN DEL ELEMENTO DEL RIESGO QUE SE DESEA ESTUDIAR Y SUS CONDICIONANTES.**

Como se ha venido mencionando en el estudio, existen varias metodologías para el análisis de vulnerabilidades, amenazas, impactos y riesgos.

En la metodología que se propone para la evaluación del nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito, es primordial definir el elemento a estudiar, el nivel de precisión, costo y tiempo, en función de lo cual se recomienda emplear la metodología correspondiente.

#### **4.2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS ZONAS DE ESTUDIOS**

De la investigación efectuada y considerando las metodologías seleccionadas, la caracterización de la zona a estudiar es prioritaria, pues si se cuenta con mayor información, se puede expresar las condiciones encontradas en territorio y en función de esto los resultados a obtener son más apegados a la realidad.

Estas metodologías se alimentan de distintos medios de información, por ejemplo la información remota y de fácil acceso, permite modelar el estado del

terreno en menor tiempo por lo tanto elegir las fuentes de información es fundamental.

La caracterización de la zona se basa en los factores permanentes y no permanentes, los cuales se detallan a continuación:

- La delimitación del área de estudio dependerá del objetivo del estudio, en todos los casos, la zona estará delimitadas por coordenadas geográficas.
- Topografía, el mapa debe expresar el relieve, accidentes geográficos, la morfología del lugar.
- Pendientes, este factor es importante por establecer hacia donde se podría generar el deslizamiento. Por lo general, a mayores pendientes más probabilidad de ocurrencia, sin embargo cuando existen este tipo de pendientes no existe mucho material acumulado en la parte alta del talud. Los cambios de pendientes deben establecerse pues puede ser una causa detonante más.
- Tipo de suelo, el contar con la geología regional ofrece información básica sobre la conformación del suelo. Dependiendo del tipo de suelo, la acción del agua, sismos, actividades humanas, afecta a la estabilidad de los taludes, o si el suelo es muy fracturado este tiende a deslizarse con más facilidad.
- Cobertura vegetal, dependiendo el tipo de vegetación que cubra los taludes propicia o no a deslizarse.

- Precipitaciones: este parámetro permite definir las cotas de crecidas, intensidad de lluvia, lugares donde el suelo tiende a saturarse o erosionarse, áreas susceptibles a inundaciones.
- Zona sísmica, conforme la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente, el Ecuador cuenta con zonificación sísmica, el conocer la ubicación establece la zona sísmica a la que pertenece y en función del cual se determinan parámetros para el diseño de estructuras sismo - resistentes que disminuyan los impactos en la infraestructura de la zona.
- Un inventario de los deslizamientos anteriores aporta a constituir la línea base de la zona.
- Inventario de la infraestructura existente, a fin de evidenciar si la intervención humana ha generado mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos en la zona.
- Otras como amenazas volcánicas.
- Conocer a la comunidad, su infraestructura, sus fortalezas, sus oportunidades, permitirá definir la línea base y establecer planes de mejora para mejorar sus vulnerabilidades y mejorar su capacidad, mermando así el impacto de los posibles eventos adversos.

Con la obtención de estos parámetros se realiza la caracterización de la zona de estudio, se cuenta con los insumos para generar los mapas, realizar la combinación de los factores, interactuar los factores naturales con los sociales, sobreponer el área en estudio con su infraestructura con los mapas de amenazas para así definir las áreas más susceptibles a deslizamientos.

### 4.3. DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PARTICULARES DE CADA METODOLOGÍA

Cada metodología seleccionada tiene un propósito. Este puede ser el análisis de riesgos, amenazas, vulnerabilidad o impacto, para lo cual necesita de información base. Es por esto que a continuación se realiza un listado de requerimientos de cada metodología, a partir del cual inicia el análisis.

En la metodología propuesta, se presenta recomendaciones del autor, en el que se indica el nivel de precisión, de costo, de tiempo y del sistema computacional, en cada metodología con la finalidad de que quien utilice la herramienta tengo criterios referenciales para la selección.

#### 4.3.1. Metodología Mora - Vahrson

Tabla 2 Metodología Mora - Vahrson, requerimientos

PRIMERA METODOLOGÍA REQUERIMIENTOS Metodología Mora - Vahrson	
REQUERIMIENTOS	
1	Coordenadas de ubicación
2	Mapa litológico de la zona (determinación de la estratificación)
3	Mapa de humedad del suelo (Valores precipitación media mensuales)
4	Estudio de humedad del suelo ( valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual)
5	Clasificación de las pendientes en base a la información
6	Datos de intensidad sismicidad (En función de los valores de intensidad de 100 años en la Escala Mercalli Modificada)
7	Datos de precipitaciones (precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años)

<b>PRIMERA METODOLOGÍA REQUERIMIENTOS Metodología Mora - Vahrson</b>	
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
8	Se cuenta con Hidrólogo, Geólogo, Riesgos y Geógrafo, como personal técnico mínimo
9	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información

Fuente: Quesada & Feoli, 2018.

#### 4.3.2. Metodología Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad (AVC).

Tabla 3 Metodología Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad (AVC), requerimientos.

<b>SEGUNDA METODOLOGÍA REQUERIMIENTOS Metodología Amenaza, Vulnerabilidad, Capacidad (AVC)</b>	
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
1	Coordenadas de ubicación georeferenciadas
2	Comunidad organizada con dirigencia y comprometida a trabajar
3	Plan de gestión
4	Objetivos claros
5	Planificación del AVC
6	Preparación de la implementación del AVC
7	Talleres con la comunidad, (Retroatención, toma de decisiones)
8	Plan para transformar la vulnerabilidad en capacidades mediante acciones prácticas
9	Proyecto de reducción del riesgo, ejecución
10	Recopilación y análisis de fuentes de información
11	Evaluación participativa
12	Aplicación de los principios del modelo AVC e iniciativas
13	Examen de fuentes secundarias
14	Mapeo de la información
15	Perfil histórico / visualización
16	Información demográfica
17	Levantamiento sobre: Infraestructura, salud, saneamiento y otros servicios
18	Personal Técnico
19	Sistemas de Computación.

Fuente: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna

Roja, 2006.

Esta metodología es muy flexible, en tal virtud no es inconveniente el no contar con todos los requerimientos propuestos.

#### 4.3.3. Metodología Morfométrica.

**Tabla 4 Metodología Morfométrica, Requerimientos.**

<b>TERCERA METODOLOGÍA: REQUERIMIENTOS Metodología Morfométrica</b>	
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
1	Coordenadas de ubicación
2	Imágenes satelitales georeferenciadas
3	Mapa topográfico escala máxima 1:50.000
4	Modelo de elevación digital escala máxima 1:50.000
5	Mapa de la red fluvial Escala máxima 1:50.000
6	Informe de Fotointerpretación
7	Mapa del área de estudio con levantamiento de elementos esenciales. Escala máxima 1:50.000
8	Concentración de cauces fluviales en el área a estudiar
9	Mapa de Cobertura vegetal
10	Mapa de dirección de pendientes (cambio de dirección)
11	Mapa de Intensidad de lluvia
12	Mapa del tipo de precipitación
13	Mapa litológico
14	Plano de debilidad del sustrato
15	Mapa de Relieve del terreno
16	Personal Técnico
17	Sistema de Información geográfica

Fuente: Quesada & Feoli, 2018.

#### 4.3.4. Metodología Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el especialista Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador (SNET)

**Tabla 5 Metodología Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el especialista**

**Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador (SNET),  
Requerimientos.**

<b>CUARTA METODOLOGÍA</b>	
<b>Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el especialista Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador (SNET) REQUERIMIENTOS</b>	
1	Coordenadas de ubicación
2	Inventarios de fenómenos anteriores
3	Fotografías aéreas georeferenciadas
4	Informes anteriores de análisis de riesgos, amenaza, vulnerabilidad, impacto
5	Recorridos, entrevistas con la comunidad y Autoridades
6	Magnitud de eventos definidos sea por profundidad, velocidad, volumen, energía entre otros
7	Frecuencia o probabilidad de ocurrencia del evento en porcentaje anual
8	Valor de los bienes expuestos en dólares
9	Vulnerabilidad específica, o porcentaje del valor expuesto que se perdería ante el impacto de un evento de magnitud
10	Personal Técnico
11	Sistema de Información Geográfica

Fuente: SNET, 2014.

#### **4.3.5. Metodología Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, (USAID)**

**Tabla 6 Metodología Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída  
del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el  
Desarrollo Integrado, (USAID), Requerimientos.**

<b>QUINTA METODOLOGÍA</b>	
<b>Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, (USAID)</b>	
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
1	Coordenadas de ubicación
2	Imágenes satelitales georeferenciadas
3	Mapa de tipo de roca firme

<b>QUINTA METODOLOGÍA</b>	
<b>Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, (USAID)</b>	
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
4	Mapa de calidad de pendiente
5	Mapa hidrológico
6	Recorridos con la comunidad por el área en estudio, entrevistas
7	Informe de Fotointerpretación
8	Mapa de inventario de deslizamientos
9	Mapa de factores combinados (Análisis de factores)
10	Personal Técnico
11	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información

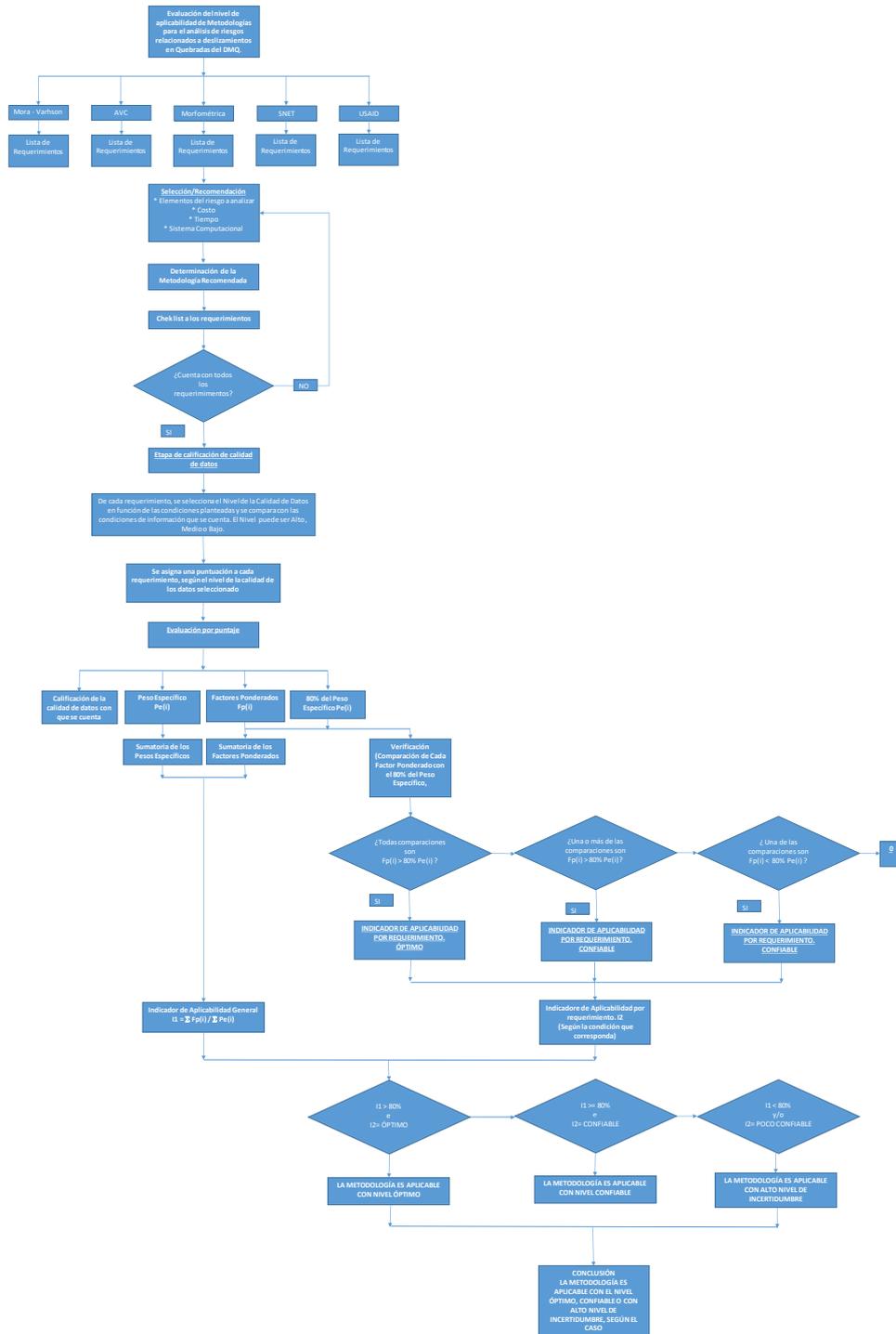
Fuente: Rodgers, K. P., 1993

Una vez determinados los requerimientos para cada metodología y en función de sus recomendaciones, que dependen del elemento a estudiar, el nivel de precisión, costo y tiempo, se efectúa una verificación inicial de requisitos mediante un check list de cumple o no cumple, en la cual se confirma con qué documentación se cuenta. Si se cuenta con todos los requerimientos se avanza a la siguiente etapa.

Este paso es obviado en la Metodología Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades, en vista que la metodología es flexible y permite aplicarla sin necesidad de contar con todos los requerimientos.

Se presenta a continuación un flujograma de la propuesta metodológica.

**SISTEMATIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO MEDIANTE UN FLUJOGRAMA**



#### **4.4. ETAPA DE CALIFICACIÓN DE CALIDAD DE DATOS**

En este punto, se procederá a armar una tabla en la que se selecciona el nivel de la calidad de la información. Los niveles definidos son: Alto, Medio y Bajo, para cada nivel se especifica las condiciones que debe cumplir la información. Esta calificación cualitativa se complementa valorándola, es decir si el Nivel es Alto, se puntúa con 1, si el Nivel es Medio, se puntúa con 0.80 y si el Nivel es Bajo, se otorga 0.20.

La definición del puntaje se dio evaluando que uno es lo óptimo, el 0.80 representa que la información es buena y proporciona información y resultados confiables, mientras que 0.20 se puntúa a información general o vaga.

#### **4.5. EVALUACIÓN POR PUNTAJE**

Esta evaluación se plantea de la siguiente manera: al contar con los requerimientos de la metodología recomendada y la evaluación cualitativa de la calidad de información con la que se cuenta, se procede a valorar cuantitativamente para lo cual se plantea una matriz, la cual contiene cada requerimiento y la Calificación de la calidad de información con la cuenta (1,00 – 0,80 o 0,20).

A cada requerimiento se le asigna un peso específico, que varía de 1 a 10, siendo 1 el puntaje para el o los requerimientos que no influyen significativamente en la aplicación de la metodología y 10 a los requerimientos que influyen directamente a la aplicación de la metodología. Esta puntuación dependerá del evaluador, analizando la importancia e influencia directa del requerimiento en la aplicación de la metodología.

El producto de la valoración de la calificación de la calidad de la información y los pesos específicos de cada uno, se obtiene los Factores Ponderados.

#### 4.6. GENERACIÓN DE INDICADORES PARA DEFINIR EL NIVEL DE APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN QUEBRADAS O CUALQUIER ZONA A ESTUDIARSE

Para definir los indicadores, se ha tomado como premisa que el 80% será el porcentaje mínimo para considerar que la información es confiable, bajo este porcentaje se considerará que la información con que se cuenta es poco confiable y tendría un alto nivel de incertidumbre los resultados a obtenerse.

**Tabla 7 Nivel de la Metodología**

<b>NIVEL DE LA METODOLOGÍA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>Óptima</b>	> 80%
<b>Confiable</b>	= 80%
<b>Con Alto Nivel de Incertidumbre</b>	< 80%

Fuente y Elaboración: Autor Investigativo

Una vez que se obtuvieron las sumatorias de los pesos específicos de cada requerimiento y de los factores ponderados, se procede a generar el primer indicador en este caso se lo denominará: “Indicador de Aplicabilidad General”, que corresponde al cociente entre la sumatoria de los factores ponderados vs la sumatoria de los pesos específicos.

Si el cociente tiende al 100% la calidad de la información con que se cuenta es Óptima, si el cociente es igual al 80% la calidad de la información con que se cuenta es Confiable, y si el cociente es menor al 80% la calidad de la información es Poco Confiable.

El segundo indicador se lo ha denominado Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento, que nace de las verificaciones de cada requerimiento mediante la comparación entre el Factor ponderado de cada requerimiento con el 80% del Peso Específico de cada requerimiento. La calificación general se plantea según las siguientes condicionantes:

Si en la verificación de cada requerimiento se determina cada uno de ellos es óptimo, entonces el Indicador de aplicabilidad por requerimiento, es Óptimo.

Si en la verificación de cada requerimiento se determina que uno o varios de ellos es confiable, entonces el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento, es Confiable.

Si en la verificación de cada requerimiento se determina que uno o varios de ellos es poco confiable, entonces el Indicador de Aplicabilidad por Requerimientos, es Poco Confiable.

#### **4.7. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA RECOMENDADA.**

Conociendo el indicador de aplicabilidad general y el indicador de aplicabilidad por requerimiento, se han planteado las siguientes condiciones para definir el nivel de aplicabilidad de la metodología.

**NIVEL DE APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA, considerandos.**

- Si Indicador 1 y todos los indicadores 2, son mayores al 80%: la metodología es óptima.
- Si Indicador 1 y todos los indicadores 2, son iguales al 80%: la metodología es confiable.
- Si Indicador 1 o alguno de los indicadores 2, son menores al 80%: la metodología es aplicable con alto nivel de incertidumbre.

Para finalizar la metodología, se requiere el Porcentaje de Aplicabilidad General y el Nivel del Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento, se compara en función de los considerandos del párrafo anterior y se determina que la metodología es aplicable con Nivel óptimo, confiable y Alto Nivel de Incertidumbre, según corresponda.

### **EJEMPLO DE APLICACIÓN**

En la Quebrada Caupicho en el tramo comprendido desde el Parque Lineal de Caupicho hasta la calle La Cocha, se requiere analizar en los taludes, la amenaza por deslizamiento, con precisión alta, se cuenta con recursos económicos medios, al momento no se han presentado emergencias por lo tanto se cuenta con tiempo para el análisis y en cuanto a sistemas tecnológicos no hay restricciones.

**Ilustración 1 Selección de Metodología Recomendada.**

METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO		RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA					
<b>INGRESO DE INFORMACIÓN</b>		<b>METODOLOGÍAS</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>NIVEL DE PRECISIÓN</b>	<b>COSTO</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>SISTEMAS TECNOLÓGICOS</b>
ELEMENTO	AMENAZA	Mora Varhson	AMENAZA	ALTO	MEDIO	ALTO	MEDIO
NIVEL DE PRECISIÓN	ALTO	Mora Varhson	AMENAZA	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
COSTO	MEDIO	Mora Varhson	VULNERABILIDAD	BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO
TIEMPO	ALTO	Mora Varhson	IMPACTO	BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO
SISTEMAS TECNOLÓGICOS	MEDIO	Análisis de Vulnerabilidad y Capacidad	VULNERABILIDAD	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
		Análisis de Vulnerabilidad y Capacidad	VULNERABILIDAD	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO
		Análisis de Vulnerabilidad y Capacidad	RIESGO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
		Análisis de Vulnerabilidad y Capacidad	RIESGO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO
		Análisis de Vulnerabilidad y Capacidad	AMENAZA	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
		Morfométrica	AMENAZA	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Morfométrica	AMENAZA	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
		Morfométrica	VULNERABILIDAD	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Morfométrica	IMPACTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		SNET	AMENAZA	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
		SNET	AMENAZA	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO
		SNET	VULNERABILIDAD	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
		SNET	VULNERABILIDAD	MEDIO	BAJO	MEDIO	BAJO
		SNET	IMPACTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
		USAD	AMENAZA	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		USAD	VULNERABILIDAD	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO
		USAD	RIESGO	ALTO	MEDIO	MEDIO	ALTO

SELECCIÓN DE METODOLOGÍA	
Mora Varhson	1MORAVARHSON1A1
Análisis de Vulnerabilidad y Capacidad	2AVC11A1
Morfométrica	3MORFOMETRICA11A1
SNET	4SNET11A1
USAD	5USAD11A1

INSTRUCCIONES INGRESO 1MORAVARHSON 2AVC1 3MORFOMETRICA1 4SNET1 5USAD1 Hoja1

Conociendo que la metodología recomendada para las condicionantes iniciales y verificando en las recomendaciones para la selección, se procede a buscar la información con que se cuenta, en estudios anteriores, en la red, entre otras fuentes de información, este caso particular se hará referencia a los “Estudios Integrales de Amenazas por inestabilidad de taludes e inundaciones en un tramo del río Machángara, en el sector del Beaterio y Diseño Definitivo de Medidas de Mitigación”, de los cuales se ha recopilado la información que se detalla a continuación:

- Ortofoto escala 1:1000 (GSD 10cm/pixel).
- Levantamiento topográficos georeferenciado con curvas de nivel cada 1.00m, Escala 1:1000.
- Digitalización de elementos fotoidentificables.
- Mapa geológico a detalle Esc. 1:3.000
- Mapa de deslizamientos anteriores, Esc. 1:3.000

- Se cuenta con ensayos in situ, con perforaciones, toma de muestras inalteradas.
- Caracterización Geotécnica, se cuenta con parámetros tales como cohesión y ángulo de fricción interna de los taludes, humedad del suelo, estratigrafía
- Se cuenta además con modelo geotécnico que ha sido calibrado con la descripción geológica, para determinar los eventos
- Variaciones de la morfología del cauce
- Perfiles geológicos, Esc. 1:750
- Mapa de Ubicación general de la Microcuenca Caupicho, Esc. 1:650.000.
- Mapa de Delimitación Microcuenca Caupicho, Esc. 1:35.000
- Mapa de pendientes Esc. 1:25.000
- Mapa de Uso del suelo, Esc. 1:2.500
- Mapa de Velocidad Máxima para Quebrada Caupicho Tr. 50 años, Esc. 1:4.000
- Mapa del calado máximo para Quebrada Caupicho Tr.50 años, Esc. 1:4.000
- Mapa del calado máximo para Quebrada Caupicho Tr. 100 años, Esc. 1:4.000
- Mapa de Velocidad Máxima para Quebrada Caupicho Tr. 100 años, Esc. 1:4.000
- Mapa de Elevaciones, Esc. 1:25.000

- Obras hidrosanitarias existentes y nuevas, Esc. 1:4.000
- Entre el personal técnica mínimo asignado a este proyecto se cuenta con un Ingeniero hidrólogo, geólogo, riesgos y geógrafo con más de 10 años de experiencia.
- El sistema informático con que se cuenta para el trabajo es analógico.

Con base a la información recopilada se procedió a la verificación mediante el check list, de lo cual se presenta la siguiente ilustración.

**Ilustración 2 Verificación Inicial de Requisitos.**

<b>METODOLOGÍA "MORA - VAHRSON"</b>		
<b>VERIFICACIÓN INICIAL DE REQUISITOS</b>		
<b>CUMPLE / NO CUMPLE</b>		
<b>PRIMERA METODOLOGÍA</b>		<b>CHECK LIST</b>
<b>Metodología Mora - Vahrson</b>		
<b>REQUERIMIENTOS</b>		
1	Coordenadas de ubicación	CUMPLE
2	Mapa litológico de la zona (determinación de la estratificación)	CUMPLE
3	Mapa de humedad del suelo (Valores precipitación media mensuales)	CUMPLE
4	Estudio de humedad del suelo ( valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual)	CUMPLE
5	Clasificación de las pendientes en base a la información	CUMPLE
6	Datos de intensidad sismicidad (En función de los valores de intensidad de 100 años en la Escala Mercalli Modificada)	CUMPLE
7	Datos de precipitaciones (precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años)	CUMPLE
8	Se cuenta con Hidrólogo, Geólogo, Riesgos y Geógrafo, como personal técnico mínimo	CUMPLE
9	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información	CUMPLE

[INGRESOIA1](#)

Al verificar el cumplimiento de todos los requerimientos, se avanza a la Etapa de Calificación de Datos, caso contrario tendría que volver a la hoja de INGRESO de datos, para iniciar el procedimiento.

En este caso se cumplió, por lo que se continúa a la Etapa de Calificación de Datos, en el cual se compara los requisitos asignados para cada requerimiento con el tipo de información con la que se cuenta, según el cumplimiento se determina el nivel de los datos, entre Alto – Medio – Bajo y a la par se le asigna una puntuación, que varía entre 0.20 y 1,00 punto.

Se presenta a continuación la calificación de los datos:

**Ilustración 3 Etapa de Calificación de Calidad de Datos. Del 1 al 4.**

<b>ETAPA DE CALIFICACIÓN DE CALIDAD DE DATOS</b>				
1	NIVEL	REQUISITO: COORDENADAS	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
	ALTO	Se cuenta con coordenadas precisas de la zona	1,00	ALTO
	MEDIO	Se cuenta con coordenadas referenciales en la zona	0,80	
	BAJO	Se cuenta con coordenadas de algún punto de la zona.	0,20	
2	NIVEL	REQUISITO: LITOLÓGIA	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
	ALTO	Si se cuenta con la litología de la zona específica o se cuenta con mapas menores a 1:50000	1,00	ALTO
	MEDIO	Si se cuenta con mapas entre 1:50.000 y 1:100.000	0,80	
	BAJO	Se cuenta con mapas con escalas mayores a 1:100.000	0,20	
3	NIVEL	REQUISITO: HUMEDAD DEL SUELO	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
	ALTO	Si se cuenta con los valores promedio mensuales de las precipitaciones en la zona de estudio o en estaciones cercanas, mayores a 10 años	1,00	ALTO
	MEDIO	Si se cuenta con los valores promedio mensuales de las precipitaciones en la zona de estudio o en estaciones cercanas, de entre 5 y 10 años atrás	0,80	
	BAJO	Si se cuenta con los valores promedio mensuales de las precipitaciones en la zona de estudio o en estaciones cercanas, menores a 5 años.	0,20	
4	NIVEL	REQUISITO: VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
	ALTO	Si se cuenta con los valores acumulados promedio mensuales de las precipitaciones en la zona de estudio o en estaciones cercanas, mayores a 10 años.	1,00	ALTO
	MEDIO	Si se cuenta con los valores acumulados promedio mensuales de las precipitaciones en la zona de estudio o en estaciones cercanas, de entre 5 y 10 años atrás	0,80	
	BAJO	Si se cuenta con los valores acumulados promedio mensuales de las precipitaciones en la zona de estudio o en estaciones cercanas, menores a 5 años	0,20	

**Ilustración 4 Etapa de Calificación de Calidad de Datos. Del 5 al 9.**

**ETAPA DE CALIFICACIÓN DE CALIDAD DE DATOS**

	NIVEL	REQUISITO: PENDIENTES	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
5	ALTO	Si se cuenta con levantamiento topográfico de la zona específica o se cuenta con mapas máximo en escala 1:50.000	1,00	ALTO
	MEDIO	Si se cuenta con mapas entre 1:75.000 y 1:100.000	0,80	
	BAJO	Se cuenta con mapas con escalas mayores a 1:100.000	0,20	
	NIVEL	REQUISITO: SISMICIDAD	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
6	ALTO	Se cuenta con microzonificación sísmica	1,00	ALTO
	MEDIO	Se cuenta con mapas de zonificación sísmica a nivel zonal	0,80	
	BAJO	Se cuenta con mapas de zonificación sísmica a nivel regional	0,20	
	NIVEL	REQUISITO: PRECIPITACIÓN	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
7	ALTO	Si se cuenta con registro precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años	1,00	ALTO
	MEDIO	Si se cuenta con registro precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 50 años	0,80	
	BAJO	Si se cuenta con registro precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 10 años	0,20	
	NIVEL	REQUISITO: PERSONAL TÉCNICO	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
8	ALTO	Ingenieros: Hidrólogo, Geólogo, Riesgos y Geógrafo con más de 10 años de experiencia	1,00	ALTO
	MEDIO	Ingenieros: Hidrólogo, Geólogo, Riesgos y Geógrafo entre 9 y 4 años de experiencia	0,80	
	BAJO	Ingenieros: Hidrólogo, Geólogo, Riesgos y Geógrafo con menos de 3 años de experiencia	0,20	
	NIVEL	REQUISITO: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	CALIFICACIÓN	NIVEL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN
9	ALTO	Sistema de Información Geográfico, digital	1,00	MEDIO
	MEDIO	Sistema de Información Geográfico, analógico	0,80	
	BAJO	Sistema de Información Geográfico, manual	0,20	

Una vez calificados cualitativa y cuantitativamente los requerimientos, se continúa con la Etapa de Evaluación por Puntaje a la metodología recomendada, para lo cual se construye una matriz, que contiene los requerimientos, los puntajes obtenidos por Calificación de la calidad de datos, los pesos específicos para cada requerimiento.

Los pesos específicos se entienden como una constante que representa la importancia que tiene el requerimiento para la aplicación de la metodología que se está analizando. Se consideró que el peso específico sea independiente es decir cada uno se evalúe entre 1 y 10 puntos. Cabe señalar que los valores de los pesos específicos varían en función de la metodología recomendada, ya que cada una tiene un enfoque diferente; lo que para una metodología es indispensable, para la otra puede ser solo necesaria.

**Ilustración 5 Construcción de la Matriz de evaluación por puntaje.**

REQUERIMIENTOS		Calificación de la calidad de datos con que se cuenta	Peso Específico $Pe_i$
1	Coordenadas de ubicación	1,00	2,00
2	Mapa litológico de la zona (determinación de la estratificación)	1,00	10,00
3	Valores precipitación media mensuales	1,00	10,00
4	Estudio de humedad del suelo (valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual)	1,00	7,00
5	Clasificación de las pendientes en base a la información	1,00	10,00
6	Datos de intensidad sismicidad (En función de los valores de intensidad de 100 años en la Escala Mercalli Modificada)	1,00	6,00
7	Datos de precipitaciones (precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años)	1,00	6,00
8	Personal Técnico	1,00	8,00
9	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información	0,80	8,00

A esta matriz, se aplicó factores ponderados, que no es más que el producto de la Calificación de la calidad de datos con que se cuenta y el Peso Específico de cada requerimiento.

**Ilustración 6 Aplicación de Factores Ponderados.**

REQUERIMIENTOS		Calificación de la calidad de datos con que se cuenta	Peso Específico $Pe_i$	Factores Ponderados $Fp_i$
1	Coordenadas de ubicación	1,00	2,00	2,00
2	Mapa litológico de la zona (determinación de la estratificación)	1,00	10,00	10,00
3	Valores precipitación media mensuales	1,00	10,00	10,00
4	Estudio de humedad del suelo (valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual)	1,00	7,00	7,00
5	Clasificación de las pendientes en base a la información	1,00	10,00	10,00
6	Datos de intensidad sismicidad (En función de los valores de intensidad de 100 años en la Escala Mercalli Modificada)	1,00	6,00	6,00
7	Datos de precipitaciones (precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años)	1,00	6,00	6,00
8	Personal Técnico	1,00	8,00	8,00
9	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información	0,80	8,00	6,40

En base a estos datos se obtiene la sumatoria de los Pesos Específicos y de los Factores ponderados.

**Ilustración 7 Obtención de la Sumatorias de Pesos Específicos y Factores Ponderados.**

REQUERIMIENTOS		Calificación de la calidad de datos con que se cuenta	Peso Específico $Pe_i$	Factores Ponderados $Fp_i$
1	Coordenadas de ubicación	1,00	2,00	2,00
2	Mapa litológico de la zona (determinación de la estratificación)	1,00	10,00	10,00
3	Valores precipitación media mensuales	1,00	10,00	10,00
4	Estudio de humedad del suelo (valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual)	1,00	7,00	7,00
5	Clasificación de las pendientes en base a la información	1,00	10,00	10,00
6	Datos de intensidad sismicidad (En función de los valores de intensidad de 100 años en la Escala Mercalli Modificada)	1,00	6,00	6,00
7	Datos de precipitaciones (precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años)	1,00	6,00	6,00
8	Personal Técnico	1,00	8,00	8,00
9	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información	0,80	8,00	6,40
<b>SUMATORIAS:</b>			<b>67,00</b>	<b>65,40</b>

La determinación del Indicador de Aplicabilidad General (I1), se obtiene del cociente entre la sumatoria de los factores ponderados y la sumatoria de los Pesos Específicos, expresado en porcentaje.

**Ecuación 5 Índice de Aplicabilidad General**

$$I1 = \frac{\sum (Fp_i)}{\sum (Pe_i)} \times 100,00\%$$

Este indicador califica a la metodología de forma global, relacionando el total de factores ponderados en función de la información con que se cuenta versus el total de pesos específicos ideales para la metodología.

En este caso el valor del Indicador de Aplicabilidad General (I1) es: 97.61%.

Por otro lado, para completar la Evaluación por puntaje se efectúa una verificación del Factor Ponderado con el 80% del Peso Específico, de cada requerimiento. Si el Factor Ponderado es mayor al 80% del Peso Específico la verificación al requerimiento califica como óptimo; Si el Factor Ponderado es igual al 80% del Peso Específico, la verificación al requerimiento califica como confiable pero si el Factor Ponderado es menor al 80% del Peso Específico, la verificación al requerimiento califica como poco confiable.

Una vez que se ha verificado la calificación individualmente a los requerimientos, se definirá el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2), el cual se obtendrá en función de las condiciones siguientes:

- Si en la verificación todos los requerimientos calificaron como óptimo, el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento será Óptimo.
- Si en la verificación uno de los requerimientos calificó como confiable, el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento será Confiable.
- Si en la verificación uno de los requerimientos calificó como poco confiable, el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento será Poco Confiable.

**Ilustración 8 Matriz de Evaluación por Puntaje, Verificación de requerimientos individuales y definición del Indicador de Aplicabilidad por requerimiento.**

REQUERIMIENTOS		Calificación de la calidad de datos con que se cuenta	Peso Específico $P_{e_i}$	Factores Ponderados $F_{p_i}$	80% del Peso Específico	VERIFICACIÓN I2
1	Coordenadas de ubicación	1,00	2,00	2,00	1,60	ÓPTIMO
2	Mapa litológico de la zona (determinación de la estratificación)	1,00	10,00	10,00	8,00	ÓPTIMO
3	Valores precipitación media mensuales	1,00	10,00	10,00	8,00	ÓPTIMO
4	Estudio de humedad del suelo (valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual)	1,00	7,00	7,00	5,60	ÓPTIMO
5	Clasificación de las pendientes en base a la información	1,00	10,00	10,00	8,00	ÓPTIMO
6	Datos de intensidad sismicidad (En función de los valores de intensidad de 100 años en la Escala Mercalli Modificada)	1,00	6,00	6,00	4,80	ÓPTIMO
7	Datos de precipitaciones (precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años)	1,00	6,00	6,00	4,80	ÓPTIMO
8	Personal Técnico	1,00	8,00	8,00	6,40	ÓPTIMO
9	Sistemas de información geográfica (SIG) para digitalizar la información	0,80	8,00	6,40	6,40	CONFIABLE
SUMATORIAS:			67,00	65,40		CONFIABLE

En este ejemplo, de la verificación efectuada, el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2) es Confiable.

Al contar haber obtenido el Indicador de Aplicabilidad General (I1) y el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2), se procede a evaluar el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos, en este caso de un tramo de la Quebrada Caupicho, ubicada en la Quebrada Caupicho, para lo cual se planean las siguientes condicionantes.

- Si el Indicador de Aplicabilidad General (I1) es mayor al 80% y el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2) es Óptimo, la Metodología es aplicable con Nivel Óptimo.
- Si el Indicador de Aplicabilidad General (I1) es mayor o igual al 80% y el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2) es Confiable, la Metodología es aplicable con Nivel Confiable.

- Si el Indicador de Aplicabilidad General (I1) es menor al 80% y/o el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2) es Poco Confiable, la Metodología es aplicable con Alto nivel de incertidumbre.

En el ejemplo, Indicador de Aplicabilidad General (I1) es: 97.61% y el Indicador de Aplicabilidad por Requerimiento (I2) es Confiable, por lo tanto: La metodología es aplicable con: NIVEL CONFIABLE.

**Ilustración 9 Considerandos y Resultado final de la Evaluación del Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el Análisis de Riesgos relacionados a Deslizamientos, Tramo de la Quebrada Caupicho.**

CONSIDERACIONES:			
NIVEL DE LA METODOLOGÍA		PORCENTAJE	
ÓPTIMA		> 80%	
CONFIABLE		= 80%	
CON ALTO NIVEL DE INCERTIDUMBRE		< 80%	

NIVEL DE APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA:			
<p>* Si el Indicador 1 y todos los indicadores 2, son mayores al 80% : la metodología es óptima,            * Si el Indicador 1 y todos los indicadores 2, son iguales al 80% : la metodología es confiable            * Si el Indicador 1 o alguno de los indicadores 2, son menores al 80% : la metodología es aplicable con alto nivel de incertidumbre.</p>			
INDICADOR DE APLICABILIDAD GENERAL:	I1 =	97,61%	$I1 = \frac{\sum (Fp_i)}{\sum (Pe_i)}$
INDICADOR DE APLICABILIDAD POR REQUERIMIENTO:	I2 =	<u>CONFIABLE</u>	

CONCLUSIÓN:
<u>LA METODOLOGÍA ES APLICABLE CON: NIVEL CONFIABLE</u>

## CAPÍTULO V

### 5. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA, MEDIANTE UN PANEL DE EXPERTOS.

El procedimiento propuesto para la determinación del nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en quebradas del DMQ, se pretende ponerlo a consideración de un panel de expertos, quienes, a través de su experiencia en el ámbito de la gestión de riesgos, planificación y ejecución de proyectos, poseen un amplio conocimiento y criterio probado para determinar si el trabajo de investigación propuesto, cumple con los objetivos planteados.

Se propone al método Delphi o método de predicción de la incertidumbre, para el desarrollo del panel de expertos. Este método fue desarrollado a comienzos de los años 50 en el Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, como un instrumento para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear. Desde entonces, el método Delphi, se lo ha utilizado para obtener información sobre el futuro (Landeta, El método delphi, 1999).

El método ha pasado por modificaciones y adaptado a las diferentes ramas investigativas, la cual se sustenta en el juicio intuitivo de expertos en el tema de análisis; apalancado en la capacidad de predicción del comportamiento del suceso, proceso, aplicación de procedimientos, enfocados en el contexto propuesto es decir en función de una realidad o escenarios propuestos para el

análisis. Para lograr la validación, el panel de expertos deberá seguir los parámetros metodológicos definidos (Vallejo Arias, 2015).

### 5.1. GUÍA METODOLÓGICA.

Uno de los métodos que basan su inferencia en datos netamente subjetivos es el método Delphi. Según la empresa RAND Corporation (2011) pionera en el desarrollo de este método, afirma que su desarrollo e iniciativa se dio por el interés de pronosticar el impacto de la tecnología en la guerra y consiste en que un grupo de expertos respondan a un cuestionario de forma anónima, entregando con la “respuesta colectiva” resultados cuantitativos y cualitativos, para después representarlos estadísticamente (Velásquez, Tabares, & Valencia, 2013). El método Delphi es una herramienta que ayuda a la investigación para obtener datos confiables de un grupo de expertos y en varias ocasiones puede proporcionar solución a problemas complejos (Landeta, Barrutia, & Lertxundib, Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts., 2011) .

A fin de aplicar el método del Delphi es prioritario desarrollar un adecuado cuestionario y una buena selección de expertos (Velásquez, Tabares, & Valencia, 2013).

Para preparar el cuestionario se debe considerar mecanismos que disminuyan los sesgos en las respuestas, mismas que deben ser entendibles para el grupo de expertos. Generalmente, se emplean preguntas cuantitativas

para el cálculo estadístico y preguntas cualitativas para explicar sus criterios (Bravo & Arrieta, 2005).

Las fases que deben desarrollarse en la metodología Delphi son:

- **Formulación del problema.-** el problema que deberán resolver los expertos, debe ser delimitado en su contenido teórico, sectorial, geográfico y temporal.
- **Diseño del cuestionario.-** las preguntas deberán ser precisas, independiente y cuantificables. Se recomienda utilizar opción múltiple para responder, por ejemplo: Si/No, Mucho/Medio/Poco, Muy de acuerdo/De acuerdo/Indiferente/En desacuerdo/Muy en desacuerdo.
- **Selección de expertos.-** la experiencia del profesional es fundamental, pues durante su vida profesional ya han resuelto problemas similares y saben cómo hacerlo. Deberán tener la capacidad de intuir efectos futuros.
- **Reunión informativa.-** se planifica una reunión individual con cada miembro del grupo de expertos, a cada uno se expondrá el enfoque del problema a tratar y los aspectos a analizarse.
- **Resolución del cuestionario.-** la respuesta es individual, no puede darse a conocer al grupo de expertos sino hasta que finalice el proceso Delphi. Se recalca que debe mantenerse el anonimato de los integrantes, para que no vaya a influenciarse las opiniones.
- **Resultados.-** su interpretación será en función de expresiones estadísticas, tales como tendencia central o porcentajes (Vallejo Arias, 2015).

## **5.2. DESARROLLO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN**

Conforme a las fases especificadas en el número anterior, se ha ejecutado el proceso de validación del procedimiento de Evaluación del Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el análisis de Riesgos relacionados a deslizamientos en quebradas del Distrito Metropolitano de Quito y zonas en general.

### **5.2.1. Formulación del problema**

Para el caso del presente estudio, el problema se focaliza en establecer una metodología para evaluar el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en quebradas del Distrito Metropolitano de Quito.

Los aspectos sobre los cuales los expertos tendrán que validar el procedimiento son:

- Determinación del procedimiento para llegar a definir el nivel de aplicabilidad.
- Calidad de información analizada y producida por la propuesta
- Facilidad de uso del procedimiento.
- Consistencia técnica del procedimiento propuesto.

#### **5.2.1.1. Determinación del procedimiento para definir el nivel de aplicabilidad**

El procedimiento propuesto para evaluar el nivel de aplicabilidad las metodologías de análisis de riesgos relacionados a la amenaza de

deslizamientos en quebradas del DMQ, está determinado puntualmente y corresponde a un proceso lógico y sistemático.

#### **5.2.1.2. Calidad de información analizada y producida por la metodología.**

La propuesta a es una herramienta de apoyo que contribuye a facilitar la selección de la metodología basada en las siguientes premisas: definir el elemento del riesgo a analizar, el nivel de precisión, costo y tiempo, el tipo de información disponible, la calidad de la información, su acceso. El determinar el nivel de aplicabilidad de la metodología al inicio de la investigación, permite conocer de ante mano el nivel de resultados a obtener.

Esta evaluación contribuye a la gestión del riesgo, planificación del ordenamiento territorial, en la planificación, y ejecución de proyectos de infraestructura.

#### **5.2.1.3. Facilidad del uso del procedimiento**

Se buscó que tanto los requerimientos o información inicial que se necesita para la aplicación de la metodología, se obtengan a través de diferentes medio por ejemplo de la red, investigaciones anteriores, memoria histórica, talleres con la comunidad, estudios in situ, entre otros.

#### **5.2.1.4. Consistencia técnica del procedimiento propuesto**

El procedimiento para la determinación del nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito, contempla una secuencia lógica

de pasos para la obtención del resultado deseado, basado en aspectos técnicos, sociales necesarios para su implementación.

El objetivo de la metodología propuesta es que sea práctica, sencilla y rápida, que los resultados generados sea una herramienta para los especialistas en elegir la metodología y conocer de antemano el nivel de aplicabilidad de la misma.

### 5.2.2. Diseño del cuestionario

Para el proceso de validación, el cuestionario se lo elaboró en una plataforma tecnológica de acceso libre, en este caso se utilizó la plataforma [www.e-encuesta.com](http://www.e-encuesta.com), en la cual se configuró el cuestionario y se remitió vía electrónica a los participantes. Los tópicos a consultar corresponden a los definidos en la formulación del problema. Link de la encuesta:

<https://response.encuesta.com/#/survey/ewAdcwaw2>

**Tabla 8 Cuestionario de Validación**

<b>Cuestionario de validación</b>		
<b>Datos del validador</b>	Nombre y Apellido:	Respuesta abierta
	Profesión:	Respuesta abierta
	Cargo Actual:	Respuesta abierta
	Resumen de la experiencia en gestión de riesgos / Construcción:	Respuesta abierta

<b>Cuestionario de validación</b>		
<b>ASPECTOS DE LA FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>PREGUNTAS PLANTEADAS</b>	<b>OPCIONES DE RESPUESTA</b>
<b>Determinación de la metodología para llegar a definir el nivel de aplicabilidad.</b>	¿Considera usted que la metodología contribuye a la gestión del riesgo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente.</li> <li>* Parcialmente, requiere modificaciones de fondo.</li> <li>* Parcialmente, requiere modificaciones de forma.</li> <li>* El procedimiento no contribuye a la gestión del riesgo.</li> </ul>
	¿Considera usted, que la metodología como herramienta de apoyo contribuye en la planificación del ordenamiento territorial y en la ejecución de proyecto de infraestructura?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Si, es aplicable para ambos sectores.</li> <li>* Es aplicable solo en planificación del ordenamiento territorial.</li> <li>* Es aplicable solo en la ejecución de proyectos de infraestructura.</li> <li>* No es aplicable en ningún sector.</li> </ul>
	¿Considera usted, que la metodología establece las premisas para su aplicación?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente establecidas.</li> <li>* Parcialmente establecidas, requiere modificaciones de fondo.</li> <li>* Parcialmente establecidas, requiere modificaciones de forma.</li> <li>* El procedimiento no establece las premisas para su aplicación,</li> </ul>
	¿Considera usted, que el cálculo de los indicadores y sus comparaciones están determinados claramente?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente determinados.</li> <li>* Parcialmente determinados.</li> <li>* Poco determinados.</li> <li>* No están determinados.</li> </ul>
	¿Considera usted, que la metodología está totalmente determinada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente determinada.</li> <li>* Parcialmente determinada.</li> <li>* Poco determinada.</li> <li>* No está determinada.</li> </ul>
<b>Calidad de información ingresada, analizada y producida por la metodología.</b>	¿Considera usted, que la metodología detalla los requerimientos necesarios para su aplicación?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente detallado.</li> <li>* Parcialmente detallado.</li> <li>* Poco detallado.</li> <li>* No está detallado.</li> </ul>

<b>Cuestionario de validación</b>		
	¿Considera usted, que la metodología genera resultados objetivos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente objetivos.</li> <li>* Parcialmente objetivos.</li> <li>* Poco objetivos.</li> <li>* No es objetivos.</li> </ul>
	¿Considera usted que la metodología propuesta permite evaluar la disponibilidad de información para determinar el riesgo de deslizamientos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente evalúa la disponibilidad.</li> <li>* Parcialmente evalúa la disponibilidad.</li> <li>* Poco evalúa la disponibilidad.</li> <li>* No evalúa la disponibilidad.</li> </ul>
	¿Considera usted, que la metodología una vez desarrollada genera los resultados deseados?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Totalmente genera los resultados deseados.</li> <li>* Parcialmente genera los resultados deseados.</li> <li>* Poco genera los resultados deseados.</li> <li>* No genera los resultados deseados,</li> </ul>
	¿Considera usted, que la metodología puede ser aplicada para determinar el nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos tanto en quebradas como en cualquier zona que se desee estudiar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Si, es aplicable para ambos sectores.</li> <li>* Es aplicable solo en quebradas.</li> <li>* Es aplicable para cualquier otra zona.</li> <li>* No es aplicable en ningún sector.</li> </ul>
<b>Facilidad de uso de la metodología.</b>	¿Qué nivel de personas podrían ejecutar la metodología, (recolección de información, aplicación de indicadores y toma de decisiones?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Solo expertos en gestión del riesgo.</li> <li>* Profesionales de otras ramas con conocimientos de Gestión del riesgo.</li> <li>* Cualquier persona con conocimientos de gestión del riesgo.</li> <li>* Cualquier persona.</li> </ul>
	¿Considera usted, que la metodología como tal puede ser aplicada como herramienta de apoyo en otras áreas de estudio?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Si, totalmente aplicable.</li> <li>* Parcialmente aplicable, requeriría modificaciones de fondo.</li> <li>* Parcialmente aplicable, requeriría modificaciones de forma.</li> <li>* No es aplicable,</li> </ul>

<b>Cuestionario de validación</b>		
<b>Consistencia técnica de la metodología propuesta.</b>	<p>Califique del 1 al 5, siendo 5 lo mejor, la consistencia técnica de la metodología, basada en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinación del objetivo de la metodología.</li> <li>* Determinación de las premisas para la utilización de la metodología.</li> <li>* Determinación de la información base y los resultados deseados.</li> <li>* Definición del cálculo de los indicadores y su comparación.</li> <li>* Contribución como herramienta de apoyo en el manejo de la gestión del riesgo, planificación del ordenamiento territorial y en la construcción en genera</li> </ul>	* Califique del 1 al 5

Fuente y Elaboración: Autor investigativo

### 5.2.3. Selección de expertos

Como se expuso anteriormente, el proceso de selección de los miembros del grupo Delphi, se basó fundamentalmente en la experiencia de cada participante, en el ámbito de su competencia y que son aspectos considerados en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Que su hoja de vida, respalde el conocimiento del experto y la capacidad de tomar decisiones y superar los eventos inesperados.

A continuación, se presenta el listado de profesionales seleccionado y con un breve perfil de cada uno, el orden es alfabético.

- Arguello Miño Jorge Hernán – Ingeniero Civil, Diploma Superior en Gestión Integral de Riesgos y Desastres, Ex – Gerente Técnico de varias empresas constructoras del país, Ex – Gerente General de la Empresa Pública Metropolitana de Logística para la Seguridad y Convivencia Ciudadana. Actualmente Administrador de Gestión de Construcciones de la Empresa Pública Metropolitana de Logística para la Seguridad y Convivencia Ciudadana, empresa adscrita a la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad del Distrito Metropolitano de Quito.
- Barrionuevo Bolaños José Gennady – Ingeniero Civil, Certificación sobre Prevención en Riesgos Laborales, Contratista del Estado y Privado, Representante Legal de la Empresa BARRIONUEVO – HIDALGO CONSTRUCTORES CIA. LTDA, Constructor de varias obras de prevención y mitigación de riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Saá Loor José Luis – Ingeniero Químico, MsC en Salud, Seguridad y Ambiente, ex colaborador de empresas como Odebrech, Petrobras, Proquimsa, manejando gestión de riesgos de proyectos industriales, Actualmente, Gerente de Sostenibilidad para el proyecto Acueducto La Esperanza
- Torres Merino Hugo Florencio – Ingeniero Civil, Magister en Ingeniería Vial, ex Profesor de la Carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, ex Director del Laboratorio de Suelos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito. Consultor Particular

dedicado al estudio de mecánica de suelos, estudio de obras de estabilización de taludes, pilotaje, cimentaciones, muros entre otros.

- Villagómez Orozco Martha Paola, Ingeniera Geógrafa y del Medio Ambiente, Magister en Sistemas de Gestión Ambiental, Doctora en Geografía, autora de Artículos científicos sobre Gestión Ambiental, Diseñadora del sistema de gestión ambiental del Instituto Geográfico Militar, Evaluadora Geográfica en el IGM

Los profesionales seleccionados cuentan con conocimiento y competencias duras y blancas que les permite emitir criterios valederos.

**Tabla 9 Competencias del Equipo Validador**

LISTADO DE EXPERTOS	PARÁMETROS A VALIDAR				
	Arguello Jorge	Barrionuevo José	Saá José Luis	Torres Hugo	Villagómez Martha
Gestión del Riesgo.	X		X		X
Planificación del ordenamiento territorial.	X				X
Planificación y ejecución de proyectos de infraestructura.	X	X	X		
Administración de proyectos.	X	X	X	X	X
Gerencia de operaciones.		X	X	X	
Análisis de amenazas.				X	X
Análisis de Vulnerabilidades.				X	X
Evaluación del riesgo.		X	X	X	X
Experiencia en el sector Público.	X			X	X

LISTADO DE EXPERTOS	PARÁMETROS A VALIDAR				
	Arguello Jorge	Barrionuevo José	Saá José Luis	Torres Hugo	Villagómez Martha
Experiencia en el sector Privado.	X	X	X	X	
Certificación académica en gestión del riesgo.	X		X		
Certificación en Sistemas de Información Geográfica.					X

Fuente: Hojas de vida de los expertos – Elaboración: Autor investigativo

#### 5.2.4. Reunión Informativa

Corresponde una reunión privada con cada experto a través de video conferencia, en la cual se explica y detalla el procedimiento que se va a aplicar. Este es el espacio adecuado para preguntar, responder o aclarar cualquier inquietud generada. Una vez concluida la reunión se procede a llenar el cuestionario.

#### 5.2.5. Resolución del cuestionario

A través de la plataforma web [www.e-encuesta.com](http://www.e-encuesta.com), se envió el cuestionario a los expertos para resolverlo.

La resolución del cuestionario, lo realizaron de forma individual, una vez finalizado, automáticamente se generó la base de datos, para su posterior recopilación, análisis y presentación de resultados.

Se presenta una captura de pantalla para ejemplificar la hoja de validación realizada.

### 5.3. RESULTADOS DEL PROCESO DE VALIDACIÓN

Se capturan imágenes de las respuestas a las preguntas de la encuesta.

#### Ilustración 10 Encuesta de validación, ejemplo

🔒 Abierta

1. Crear

2. Ver

3. Compartir

4. Resultados

Esto es una vista preliminar de tu encuesta

📱
🖥️
📄

Ir a página

Determinación de la metodología para llegar a definir el nivel de aplicabilidad.

¿Considera usted que la metodología contribuye a la gestión del riesgo?

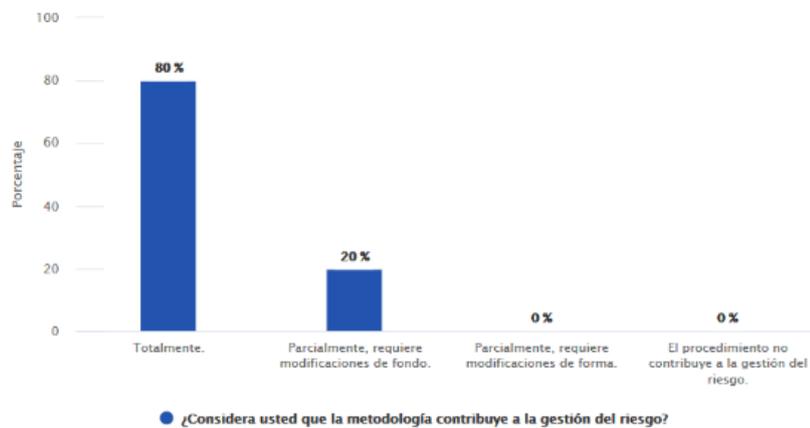
- Totalmente.
- Parcialmente, requiere modificaciones de fondo.
- Parcialmente, requiere modificaciones de forma.
- El procedimiento no contribuye a la gestión del riesgo.

¿Considera usted, que la metodología como herramienta de apoyo contribuye en la planificación del ordenamiento territorial y en la ejecución de proyecto de infraestructura?

### 5.3.1. Resultados sobre la Determinación de la metodología para llegar a definir el nivel de aplicabilidad, ilustraciones extraídas desde la página web [www.e-encuenta.com](http://www.e-encuenta.com)

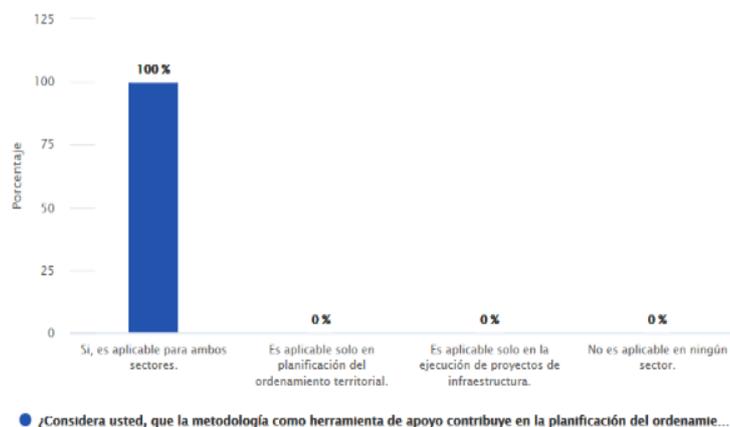
#### Ilustración 11 Resultados ¿Considera usted que la metodología contribuye a la gestión del riesgo?

¿Considera usted que la metodología contribuye a la gestión del riesgo?



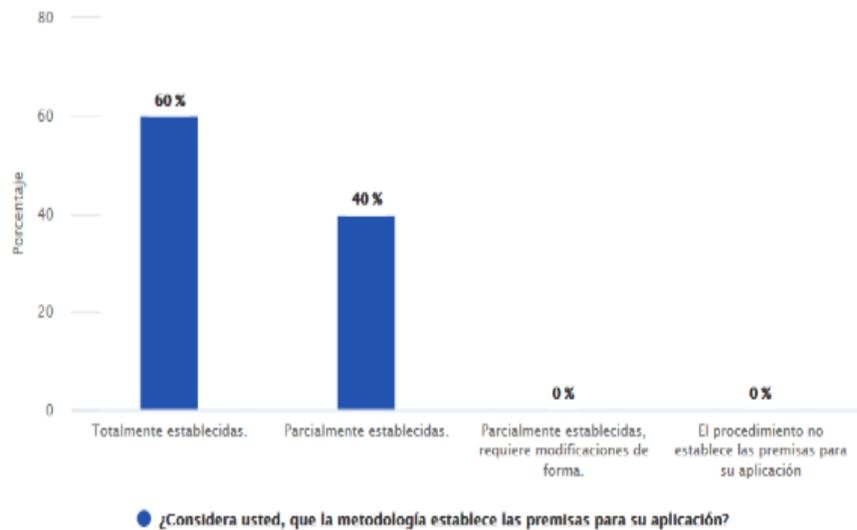
#### Ilustración 12 Resultados ¿Considera usted, que la metodología como herramienta de apoyo contribuye en la planificación del ordenamiento territorial y en la ejecución de proyectos de infraestructura?

¿Considera usted, que la metodología como herramienta de apoyo contribuye en la planificación del ordenamiento territorial y en la ejecución de proyecto de infraestructura?



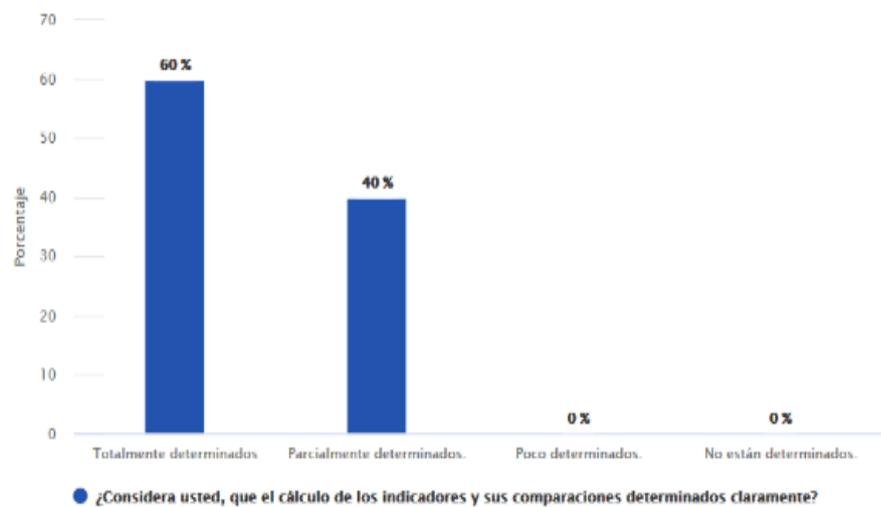
**Ilustración 13 Resultados ¿Considera usted, que la metodología establece las premisas para su aplicación?**

¿Considera usted, que la metodología establece las premisas para su aplicación?



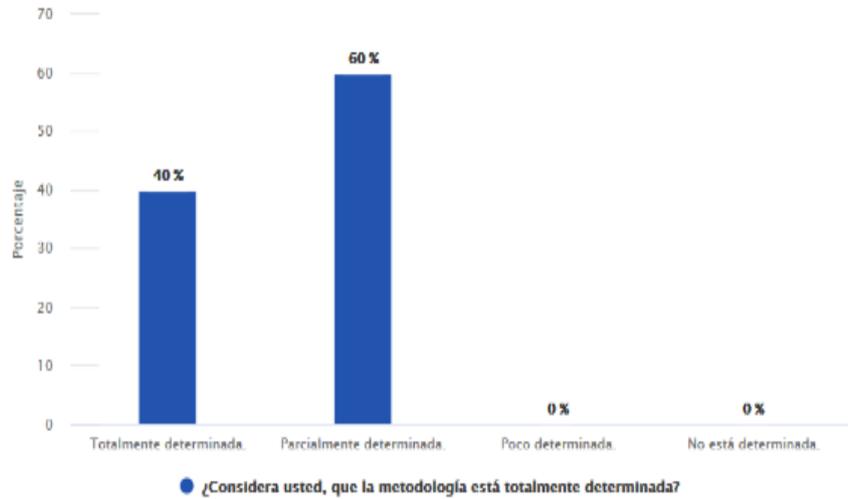
**Ilustración 14 Resultados ¿Considera usted, que el cálculo de los indicadores y sus comparaciones están determinados claramente?**

¿Considera usted, que el cálculo de los indicadores y sus comparaciones determinados claramente?



**Ilustración 15 Resultados ¿Considera usted, que la metodología está totalmente determinada?**

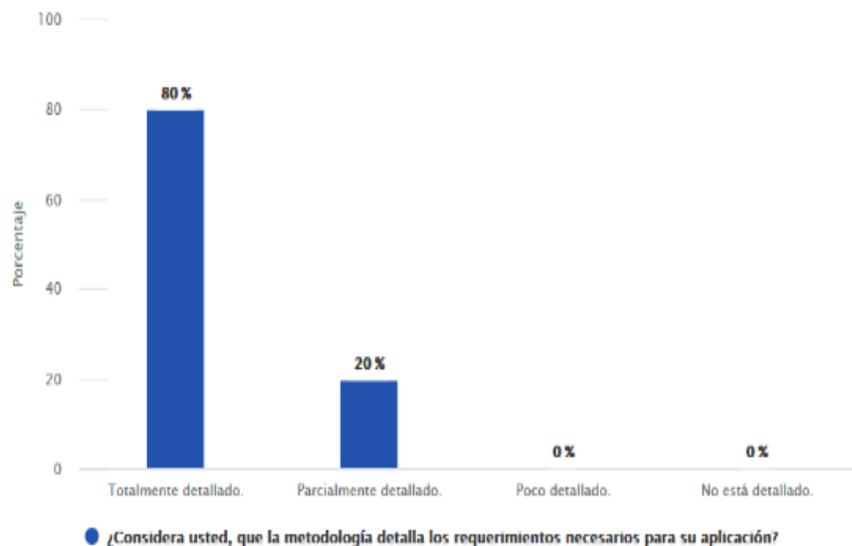
¿Considera usted, que la metodología está totalmente determinada?



**5.3.2. Resultados sobre la Calidad de información ingresada, analizada y generada por la metodología.**

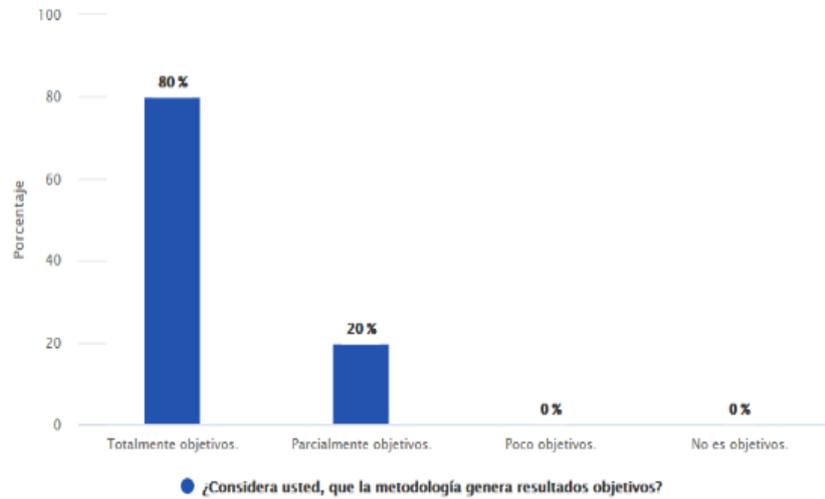
**Ilustración 16 Resultados ¿Considera usted, que la metodología detalla los requerimientos necesarios para su aplicación?**

¿Considera usted, que la metodología detalla los requerimientos necesarios para su aplicación?



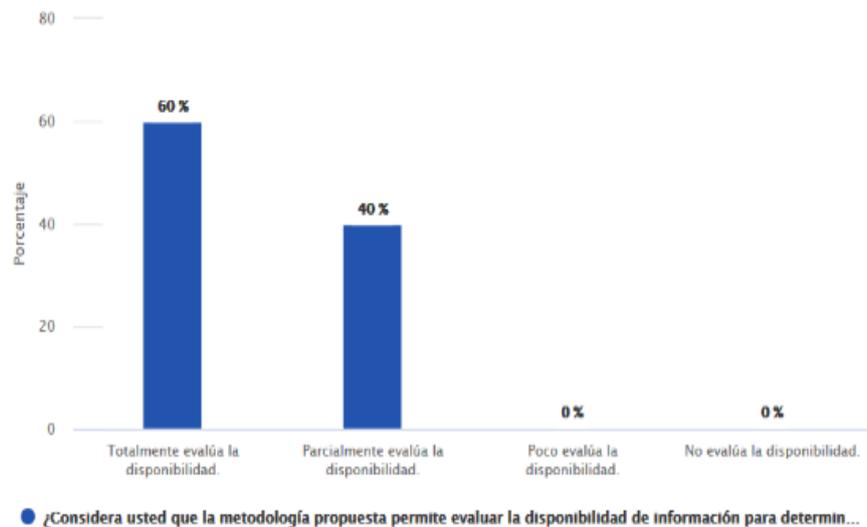
### Ilustración 17 Resultados ¿Considera usted, que la metodología genera resultados objetivos?

¿Considera usted, que la metodología genera resultados objetivos?



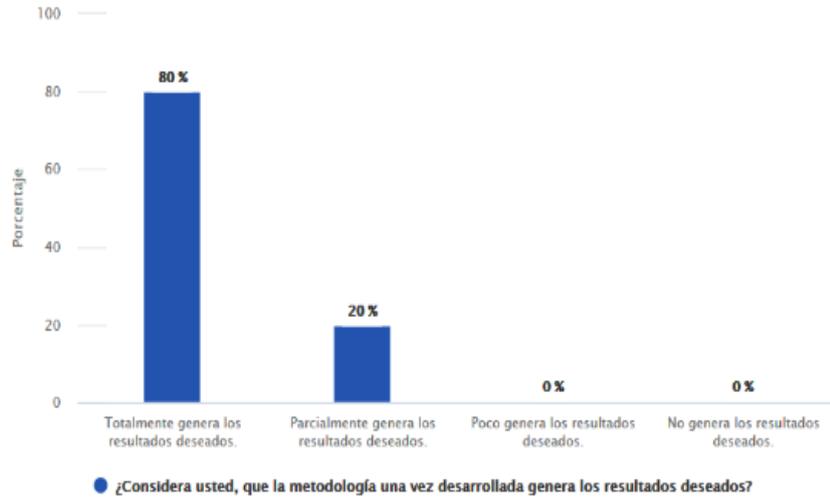
### Ilustración 18 Resultados ¿Considera usted que la metodología propuesta permite evaluar la disponibilidad de información para determinar el riesgo de deslizamientos?

¿Considera usted que la metodología propuesta permite evaluar la disponibilidad de información para determinar el riesgo de deslizamientos?



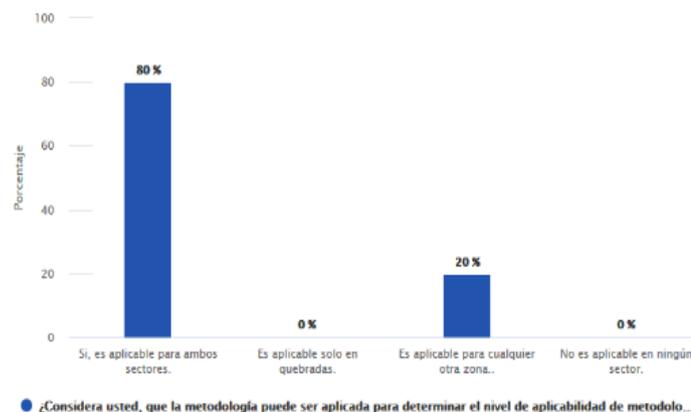
### Ilustración 19 Resultados ¿Considera usted, que la metodología una vez desarrollada genera resultados deseados?

¿Considera usted, que la metodología una vez desarrollada genera los resultados deseados?



### Ilustración 20 Resultados ¿Considera usted, que la metodología puede ser aplicada para determinar el nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos tanto en quebradas como en cualquier zona que se desee estudiar?

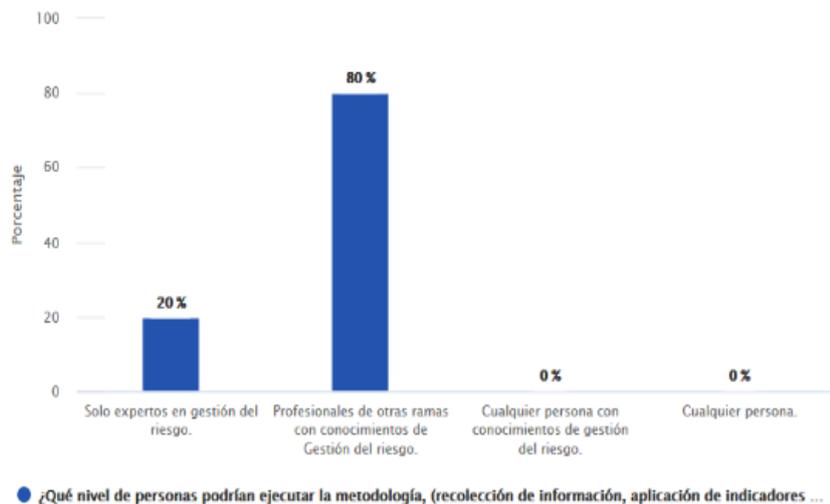
¿Considera usted, que la metodología puede ser aplicada para determinar el nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos tanto en quebradas como en cualquier zona que se desee estudiar?



### 5.3.3. Resultados de la Facilidad de uso de la metodología.

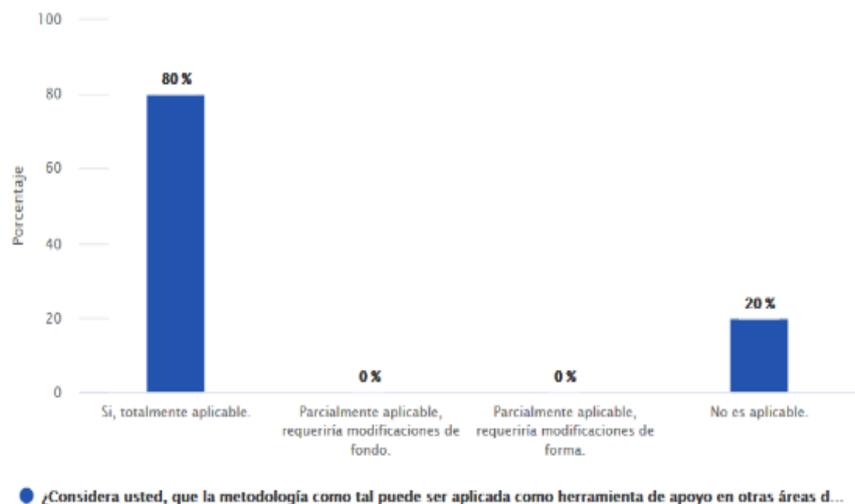
**Ilustración 21 Resultados ¿Qué nivel de personas podrían ejecutar la metodología, (recolección de información, aplicación de indicadores y toma de decisiones?)**

¿Qué nivel de personas podrían ejecutar la metodología, (recolección de información, aplicación de indicadores y toma de decisiones?)



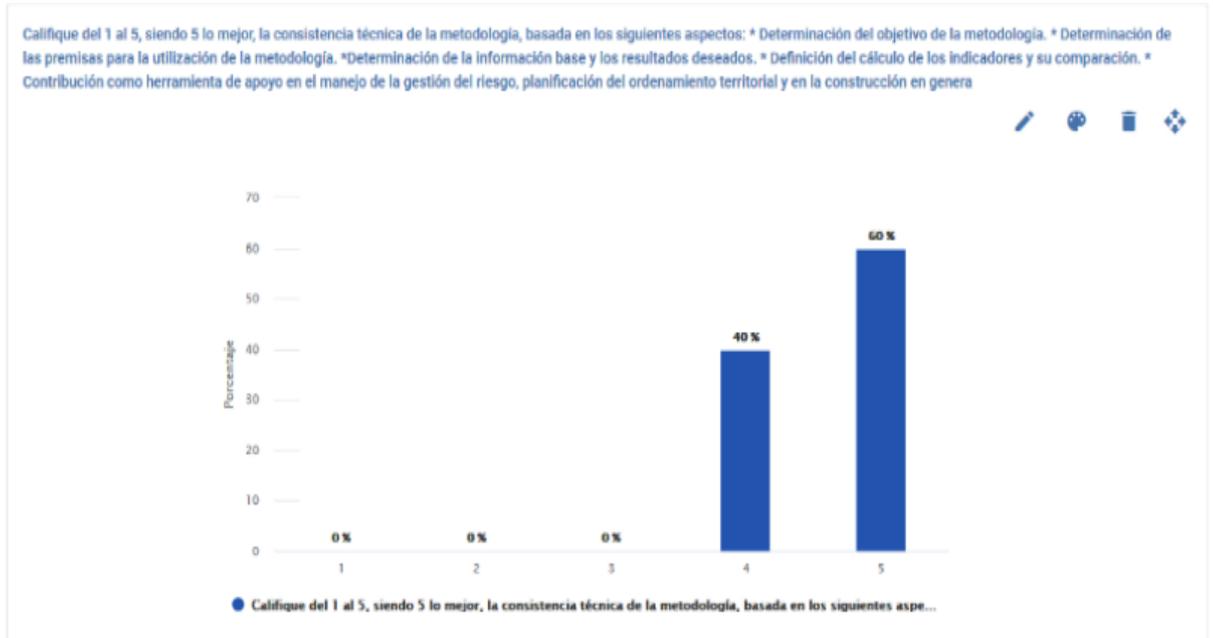
**Ilustración 22 Resultados ¿Considera usted, que la metodología como tal puede ser aplicada como herramienta de apoyo en otras áreas de estudio?**

¿Considera usted, que la metodología como tal puede ser aplicada como herramienta de apoyo en otras áreas de estudio?



### 5.3.4. Resultados de la Consistencia técnica de la metodología propuesta.

#### Ilustración 23 Resultados de la Consistencia técnica de la metodología propuesta.



### 5.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

De la validación efectuada por el grupo de expertos, se destaca que los resultados son satisfactorios, porque de la encuesta, en todas las preguntas mínimo 3 de 5 expertos seleccionaron la primera respuesta que se enfoca en que la metodología cumple los objetivos propuestos, define los requerimientos para su aplicación.

Este resultado muestra que entendieron la razón de ser de la propuesta metodológica, que es lograr posicionarse como una herramienta de apoyo para los manejadores del riesgo, planificadores del ordenamiento territorial, ejecutores de proyectos de infraestructura; quienes de antemano tendrá una recomendación de la metodología para permitiría analizar las necesidades del

estudio y que además que conozcan el nivel de confianza de resultados a obtener en función de la calidad de información con que se cuente.

La metodología propuesta determina las premisas en base a las cuales se apalanca para desarrollarse, definir la calidad de la información, generar indicadores, para evaluar el nivel de aplicabilidad, mismo que contribuye a la gestión de riesgos como una herramienta de apoyo en la planificación del ordenamiento territorial y en la ejecución de proyectos de infraestructura. Esto se evidenció en que al sistematizarse la propuesta, pues tiene un orden lógico, secuencial y conceptual,

La propuesta metodológica, a criterio de los encuestados, cuatro de los cinco profesionales, precisaron que los requerimientos están totalmente detallados, mismos que al ser analizados, generan resultados objetivos, conforme lo deseado y qué además, permite evaluar el nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos tanto en quebradas como en cualquier zona que se desee estudiar.

La metodología propuesta, en su procedimiento es aplicable para evaluar el nivel de aplicabilidad en cualquier tipo de metodologías, incluso fuera del ámbito de la gestión de riesgos. En este aspecto un encuestado, no compartió la opinión, por lo que considero que no se explicó bien este aspecto, el proceso metodológico es aplicable, sin embargo los requerimientos, requisitos, ponderaciones dependerán del tipo de metodología se esté analizando.

En referencia al nivel de personas que podrían ejecutar la metodología, coincide la mayoría que profesionales de otras ramas de conocimiento, es algo

que se buscaba, a fin de que la herramienta de apoyo sea de fácil acceso y práctica.

Finalmente la consistencia técnica de la metodología propuesta se puntuó entre 5 y 4 punto, considerando que 5 era lo mejor y 1 lo peor; la calificación obtenida, es satisfactoria no solo en esta pregunta de manera integral, pues las respuestas son un positivas, variando entre excelentes y buenas, percibiendo de los expertos que la metodología propuesta cuenta con fundamentos, un desarrollo claro, resultados coherentes y con potencial de ser aplicada conforme las premisas definidas en esta investigación científica.

Aspiro que la metodología propuesta se difunda y se aplique, con miras a aportar en algo a la gestión de riesgos, ordenamiento territorial y ejecución de proyectos de infraestructura.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- En base al estudio, se concluye que se determinó el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito, a través de una propuesta metodológica que contempla el análisis de los requerimientos de cada metodologías, la calidad de información con la que se cuenta, en base a la cual se efectúa una evaluación cualitativa y cuantitativa, generando indicadores, que en combinación establecen el nivel de aplicabilidad buscado.
- Se identificaron cinco metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos, en función de los autores y principalmente a los resultados obtenidos. Estas metodologías son: Mora – Vahrson, Análisis de vulnerabilidad y capacidad (AVC), Morfométrica, Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES y Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, extraída del Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).
- Se definió para cada metodología seleccionada, un listado de los requerimientos técnicos, recursos humanos y tecnológicos mínimos necesarios para implementarse.

- Se estableció como herramienta para la selección de la información, la determinación y cumplimiento de estándares a los requerimientos individuales para clasificarlos en nivel alto medio o bajo. La calificación de la información fue cualitativamente a través de los niveles de calidad de información y cuantitativamente con puntuación de 0.20 a 1.00 punto, dependiendo del nivel asignado.
- Se generaron dos indicadores para definir el Nivel de aplicabilidad de las metodologías seleccionadas, basadas en la calidad de información. Estos indicadores son: Indicador de aplicabilidad general e Indicador de aplicabilidad por requerimiento, la relación entre ambos define el nivel de aplicabilidad de la metodología y la confiabilidad de los posibles resultados.
- Se sistematizó a través del programa Microsoft Excel la propuesta metodológica para determinar el nivel de aplicabilidad de las metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en las Quebradas del DMQ.
- El resultado de la aplicación del método Delphi, validó la propuesta metodológica, los expertos coincidieron en que las metodologías es aplicable y aporta como herramienta de apoyo para los manejadores del riesgo, planificadores del ordenamiento territorial y ejecutores de proyectos de infraestructura.
- La metodología propuesta a más de recoger las necesidades del cliente o de quien requiera el estudio, sugiere una metodología para el análisis de

riesgos ante deslizamientos en función de la precisión, costo, tiempo y sistema tecnológico que se dispone.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar esta propuesta metodológica previo a la ejecución de estudios, ya que permite obtener un espectro general de las metodologías que podrían utilizarse, de la calidad de información que se requiere y el nivel de confiabilidad de los resultados esperados, lo cual se vuelve un sustento para la elaboración de términos de referencia, especificaciones técnicas para entidades públicas y privadas.
- La propuesta metodológica para la evaluación del nivel de aplicabilidad de metodologías para el análisis de riesgos relacionados a deslizamientos en Quebradas del Distrito Metropolitano de Quito, tiene capacidad para evaluar más de las cinco metodologías, por lo que se recomienda a futuro plantear un estudio en el que se incorporen otras metodologías, con eso se amplía el espectro y se afina los resultados.
- Podría proponerse en otro estudio, la integración de las metodologías para obtener una propuesta metodología integral, que analice el riesgo desde varias aristas y se obtengan resultados integrales que contribuyan a la planificación territorial o para la ejecución de proyectos de infraestructura.

## Bibliografía

(s.f.).

Aguilar, C., Verenice, S., & Carlosama Mojerón, F. (2017). *Análisis del peligro por fenómenos de remoción en masa en los taludes de un tramo de la quebrada Shanshayacu, zona Quitumbe, Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Bachelor's thesis.

Alcántara Ayala, I. (- de - de 2000). *Landslides: ¿deslizamientos o movimientos de terreno? Definición, clasificaciones y terminología*. Obtenido de Investigaciones geográficas: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112000000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000100002&lng=es&tlng=es).

Bar, A. (2010). La metodología cuantitativa y su uso en América Latina. *Cinta de moebio*, 1-14.

BID. (2018). *Resumen ejecutivo de la Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático: Documento técnico de referencia para equipo a cargo de proyectos del BID*. Banco Interamericano de Desarrollo. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0001445>

Bravo, M., & Arrieta, J. (2005). El Método Delphi. Su implementación en una estrategia. *Revista Iberoamericana de Educación.*, 1-11. Obtenido de <http://www.rieoei.org/deloslectores/804Bravo>.

CAN. (2018). *Glosario de Términos y Conceptos de la Gestión del Riesgo de Desastres para los países miembros de la Comundiad Andina*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina.

Castillo, G., Sotela, O., & Román, O. (2011). Efectividad de la metodología Mora - Varhson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el Terremoto de Cinchona, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 141-162.

Chávez López, S. (2017). *¿Cuándo empezamos a definir y conceptualizar el riesgo?* (S. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, Ed.) doi:10.18846/renaysoc.2017.03.03.01.0002

Chiriboga Lovato, A. (2015). *La gestión integral comunitaria de quebradas: Experiencias de la asociación de cooperativas de vivienda Alianza Solidaria en la ciudad de Quito*. Quito: Tesis de Maestría.

Dirección General de Protección Civil y Emergencias. (2018). *www.proteccioncivil.es*. (S. G. España, Ed.) Obtenido de <http://www.proteccioncivil.es/documents/20486/156597/Informacion+preventiva/43482073-cd9d-4ac5-bcff-2287c01588f1>

Dirección Nacional de Protección Civil de España. (2018). *MÉTODOS CUALITATIVOS*. Obtenido de [http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos\\_cualitativos/cuali\\_2.htm](http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_2.htm)

- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y su efecto en las áreas costeras y el mar. *Publicación de las Naciones Unidas. ISSN electrónico, 1680-9025.*
- Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa. Guía metodológica.* (2001). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, Miembro de la Asociación de Editoriales Universitarias de Colombia.
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2006). *www.ifrc.org*. Obtenido de ¿Qué es el AVC? Introducción al Análisis de vulnerabilidad y capacidad: <https://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/vca/whats-vca-sp.pdf>
- Guijaro, R., Cantero, B., Muñoz, M., & Cantero, F. (2004). *Ayudantes técnicos de medio ambiente de la junta de Andalucía*. Andalucía: MAD.
- INEN. (2013). *Quito, el cantón más poblado del Ecuador en el 2020*. Quito: Ecuador en cifras.
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2011). *La Información en la construcción es el mayor riesgo en un terremoto*. Obtenido de IGEPN: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/381-la-informalidad-en-la-construccion-es-el-mayor-riesgo-en-un-terremoto>
- IUGS. (1997). *Quantitative Risk Assessment for slopes and landslides-The state of the art. IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment*. Honolulu: Rotterdam, HI: Balkema.
- Landeta, J. (1999). *El método delphi* (ilustrada ed.). (Ariel, Ed.) Barcelona: Ariel practicum.
- Landeta, J., Barrutia, J., & Lertxundib, A. (2011). Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. *Technological Forecasting and Social Change, 1629-1641*.
- Martínez Miguélez, M., Martínez, M., Martínez Migueles, M., Martínez, M., Martínez, M., Martínez Miguélez, M., & Martínez, M. (2004). Ciencia y arte en la metodología cualitativa. *scienceOPEN.com*.
- MDMDQ. (2016). *ATLAS DE AMENAZAS NATURALES Y EXPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Tercera Edición*. Quito: MDMDQ.
- MINAMBIENTE. (2020). *Riesgo, Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad*. Obtenido de El ambiente es de todos: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rBOzzOTeM-YJ:https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/477-plantilla-cambio-climatico-33&hl=es&gl=ec&strip=0&vwsr=0>
- NOVUM. (2016). *ALCANCE Presentación de la Propuesta: Aplicación del "Plan de Intervención Ambiental Integral en las Quebradas de Quito" con el fin de recuperar un tramo de la Quebrada Habas-Corral, ubicada entre los Barrio La Pulidad Habas Corral y Ana María del DMQ*. Quito: NOVUM Asesores y Consultores Cía. Ltda.

- Peltre, P. (1989). Quebradas y riesgos naturales en Quito, periodo 1900-1988. *Riesgos Naturales en Quito, Lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*, 45-91.
- PNUD. (2020). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:  
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html>
- Quesada, A., & Feoli, S. (2018). Comparación de la Metodología Mora-Varhson y el Método Morfométrico para Determinar Áreas Susceptibles a Deslizamientos en la Microcuenca del Río Macho, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central N°61*, 17-45.  
Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.61-2.1>
- RAE. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española:  
<https://dle.rae.es>
- Rodgers, K. P. (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Intergado*. (O. d. Americanos, Ed.) Obtenido de Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional:  
<https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/begin.htm#Contents>
- Santillán, S., & Vite, P. (2011). *Interrelaciones urbanas alrededor de la quebrada La Raya en la ciudad de Quito*. Quito: EPN. Obtenido de  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3919>
- Secretaría de Ambiente. (2015). *Plan de Intervención Ambiental Integral en las Quebradas de Quito*. Quito: Novum.
- SGR. (2017). *Manual del Comité de Operaciones de Emergencia*. Samborondón: Secretaría de Gestión de Riesgos.
- SGR. (2018). *Glosario de Términos de Gestión de Riesgos de Desastres, Guía de Consulta*. Samborondón: Secretaría de Gestión de Riesgos.
- SNET. (2014). *Instrumentos de apoyo para el ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES, Guía para el especialista*. Obtenido de Servicio Nacional de Estudios Territoriales:  
<http://www.snet.gob.sv/Riesgo/GuiaMetodologica.pdf>
- UNGRD. (2017). *Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes:  
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Terminologia-GRD-2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- UNISDR. (2009). *2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas.

- UNISDR. (2016). *Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza: Asamblea General, Naciones Unidas.
- Vallejo Arias, D. (2015). *Propuesta Metodológica para el análisis semi - cuantitativo de riesgos en proyectos de infraestructura: Fase de prefactibilidad*. Escuela de Gestión de Riesgos. Quito: Quito/UIDE/2015.
- Velásquez, C., Tabares, J., & Valencia, M. (2013). Método Delphi para pronósticos: aplicación en un restaurante de Medellín. *III Encuentro de Investigación Formativa - Memorias*, 101-104.
- Vértice. (2007). *Dirección de Operaciones*. Málaga: VÉRTICE.

## ANEXOS

- **Anexo 1:** Información sobre la Quebrada Caupicho
  - Ortofoto escala 1:1000 (GSD 10cm/pixel).
  - Levantamiento topográficos georeferenciado con curvas de nivel cada 1.00m, Escala 1:1000.
  - Digitalización de elementos fotoidentificables.
  - Mapa geológico a detalle Esc. 1:3.000
  - Mapa de deslizamientos anteriores, Esc. 1:3.000
  - Se cuenta con ensayos in situ, con perforaciones, toma de muestras inalteradas.
  - Caracterización Geotécnica, se cuenta con parámetros tales como cohesión y ángulo de fricción interna de los taludes, humedad del suelo, estratigrafía
  - Se cuenta además con modelo geotécnico que ha sido calibrado con la descripción geológica, para determinar los eventos
  - Variaciones de la morfología del cauce
  - Perfiles geológicos, Esc. 1:750
  - Mapa de Ubicación general de la Microcuenca Caupicho, Esc. 1:650.000.
  - Mapa de Delimitación Microcuenca Caupicho, Esc. 1:35.000
  - Mapa de pendientes Esc. 1:25.000
  - Mapa de Uso del suelo, Esc. 1:2.500
  - Mapa de Velocidad Máxima para Quebrada Caupicho Tr. 50 años, Esc. 1:4.000

- Mapa del calado máximo para Quebrada Caupicho Tr.50 años, Esc. 1:4.000
- Mapa del calado máximo para Quebrada Caupicho Tr. 100 años, Esc. 1:4.000
- Mapa de Velocidad Máxima para Quebrada Caupicho Tr. 100 años, Esc. 1:4.000
- Mapa de Elevaciones, Esc. 1:25.000
- Obras hidrosanitarias existentes y nuevas, Esc. 1:4.000
- Entre el personal técnica mínimo asignado a este proyecto se cuenta con un Ingeniero hidrólogo, geólogo, riesgos y geógrafo con más de 10 años de experiencia.
- El sistema informático con que se cuenta para el trabajo es analógico.