

# Normalización de base de datos de remociones en masa en la Región de Aysén, Chile

Standardization of the Landslides database in the Aysén Region, Chile

Constanza Jorquera-Flores<sup>1</sup>  
María Ester Gonzalez-Campos<sup>2</sup>

*Recibido 20 de septiembre de 2023; aceptado 20 de diciembre de 2023*

## RESUMEN

Las remociones en masa (RM) son un tipo de peligro geológico que afectan frecuentemente a la población y conectividad en el área urbana y rural. La toma de decisiones frente a este peligro geológico implica la gestión de datos geográficos. Para ello se requieren bases de datos (BBDD) fáciles de usar y/o actualizar para el análisis frente a eventos de RM. En el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile se utilizan BBDD que, han sido desarrolladas con distintos objetivos y profesionales, por lo tanto, las mismas no cuentan con una estructura estandarizada y normalizada. Esto dificulta la comprensión y actualización de los distintos campos definidos por los creadores y por consiguiente se crea una nueva BBDD a petición de cada nuevo usuario. Con el objetivo de dar respuesta a esta problemática, este trabajo propone la normalización de una BBDD temática de RM, tomando como referencia elementos de la Norma ISO 19115-1: 2014 y el contexto de aplicación en la región de Aysén. Se definieron listas de dominio para determinados campos y se confeccionó un Diccionario de Datos, recursos que permiten entender e identificar claramente el propósito, alcance y significado de cada campo de la BBDD. La propuesta de BBDD de RM se evaluó y validó a través de una prueba de usabilidad basada en tareas que sea aplicó a diez usuarios con un perfil específico (geólogo, con experiencia en SIG y actualización de BBDD), obteniéndose resultados de las medidas de eficacia y eficiencia. La BBDD se puede utilizar y/o actualizar sin dificultad (eficacia), utilizando los recursos que complementan la misma (eficiencia). La medida de satisfacción se obtuvo

1 Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile, e-mail: [constanza.jorquera@sernageomin.cl](mailto:constanza.jorquera@sernageomin.cl)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2758-6104>

2 Universidad de Concepción, Chile, e-mail: [mariaesgonzalez@udec.cl](mailto:mariaesgonzalez@udec.cl)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6312-5757>

a partir de la adaptación y aplicación del cuestionario SUS (System Usability Scale) y las puntuaciones indican una valoración de bueno a excelente (>82).

Palabras clave: *Base de datos, normalización, ISO 19115-1:2014, remociones en masa, usabilidad.*

## ABSTRACT

Landslides (LS) are a type of geological hazard that frequently affect the population and connectivity in urban and rural areas. Decision-making in the face of this geological hazard involves the management of geographic data. This requires databases (DB) that are easy to use and/or actualize for the analysis of LS events. The National Geology and Mining Service of Chile uses databases that have been developed with different objectives and by various professionals; therefore, they do not have a standardized and normalized structure. This complicates the understanding and updating of the different fields defined by the creators, resulting in a new database being created at the request of each new user. To address this issue, this study proposes the normalization of a thematic LS database, drawing on elements from the ISO 19115-1:2014 standard and the application context in the Aysén region. Domain lists were defined for certain fields, and a Data Dictionary was compiled, resources that allow for a clear understanding and identification of the purpose, scope, and meaning of each field in the database. The proposed LS database was evaluated and validated through a usability test based on tasks applied to ten users with a specific profile (geologists, experienced in GIS, and database updating), yielding results regarding effectiveness and efficiency measures. The database can be used and/or updated without difficulty (effectiveness), using complementary resources (efficiency). Satisfaction was measured through adaptation and application of the SUS (System Usability Scale) questionnaire, and scores indicate a rating from good to excellent (>82)

Key words: *Database, standardization, ISO 19115-1:2014, landslides, usability.*

## 1. Introducción

La región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (Chile) se caracteriza a su vez por su régimen de precipitaciones intenso, con grandes cuencas hidrográficas y de características tormentosas. Los procesos de remociones en masa (RM) son fenómenos naturales muy frecuentes, particularmente en la parte occidental de la región, que reúne las condiciones favorables para que ocurran: relieves montañosos, fuertes pendientes, un suelo muy delgado con escasa cohesión al sustrato y una cobertura vegetal de alta densidad. Todas estas características sumado a las precipitaciones facilitan la ocurrencia de deslizamientos y aluviones (Galilea, 2020). En los últimos 20 años el proceso más común que afecta a la población y conectividad son las remociones en masa. Lo que se traduce en cortes de caminos, suspensión de servicios básicos, daños a infraestructura, fallecidos y lesionados.

El ente técnico público encargado de servir en materias relacionadas con los peligros geológicos es el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Según lo establecido en el Artículo 11 de la Ley N°3.525 de 1980 (Biblioteca del Congreso Nacional, 1980), este organismo técnico tiene entre sus objetivos

la celebración de convenios con el fin de obtener asistencia técnica, brindar servicios, y realizar estudios, investigaciones o asesoramientos técnicos en diversas áreas de la geología. Además, tiene la responsabilidad de emitir alertas relacionadas con la actividad volcánica, erupciones y deslizamientos que puedan afectar a la población, en términos de alcance y gravedad, comunicándolas de manera oportuna y adecuada según lo estipulado en los protocolos establecidos para este fin, al Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), según lo dispuesto en el Artículo 50 del Decreto Ley 21.364 de 2021 (Biblioteca del Congreso Nacional, 2021). Esta colaboración entre el organismo técnico y la protección civil subraya la importancia de la información geográfica como elemento crucial en la toma de decisiones.

SERNAGEOMIN dispone de una serie de bases de datos (BBDD) espaciales diseñadas para temáticas geológicas, dentro de las cuales la única que cumple con estándares internacionales es la de Geología Básica. Sin embargo, en el caso de BBDD para los peligros geológicos, estas han sido desarrolladas conforme a diversos objetivos y por distintos profesionales, por lo tanto, carecen de una estructura normalizada o estandarizada que facilite compartirlas y actualizarlas sin la orientación o información previa de sus creadores.

En este contexto, ante la falta de normalización o estandarización de las BBDD sobre eventos de RM, en este artículo se presenta una propuesta de BBDD que permita actualizar y registrar los eventos de RM de forma más ordenada y automatizada, contribuyendo a ahorrar esfuerzos y recursos en la generación de productos que responden a las necesidades particulares de los usuarios. Esta propuesta se contextualiza en la Oficina Técnica de Coyhaique (OTC), generando la estructura de una BBDD normalizada/estandarizada que contenga toda la información de RM para la región de Aysén. Finalmente, la BBDD de RM se evaluó y validó a través de una prueba de usabilidad basada en tareas que sea aplicó a usuarios con un perfil específico, obteniéndose resultados de las medidas de eficacia, eficiencia y satisfacción.

## **2. Bases de datos e inventarios de RM**

Fell *et al.* (2008) define un inventario de remociones en masa como un elemento fundamental para la zonificación de remociones. González de Vallejo (2012) propone que los inventarios son básicamente una localización y distribución espacial de los procesos actuales y pasados y/o zonas afectadas. Debe incluir información de: la ubicación, clasificación, volumen, alcance, estado de actividad, fecha en que ocurrió el evento en una determinada área y otras características de la remoción.

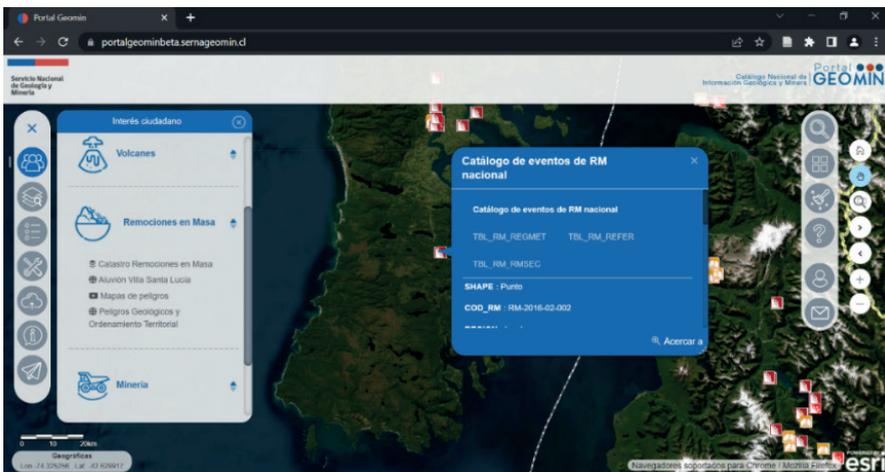
En el caso de Chile se han realizado estudios de inventario en zonas acotadas como el caso de Puerto Aysén, a raíz del terremoto de 2007 en los fiordos, generaron deslizamientos que provocaron tsunamis (Naranjo *et al.*, 2009; Sepúlveda *et al.*, 2010). Serey *et al.* (2019) publicaron un estudio de mapeo puntual de remociones en masa entre los 33°-38° S producto del terremoto del año 2010. Además, en el norte grande de Chile se ha levantado un inventario

poligonal de remociones en masa abarcando un área de 220x80 km<sup>2</sup> entre Arica e Iquique (Crosta *et al.*, 2014)

En SERNAGEOMIN, el Visor Portal Geomin es el catálogo nacional de información geológica y minera. Esta herramienta incluye las ubicaciones de referencia de numerosas publicaciones, así como el catastro nacional de RM que se limita exclusivamente a los informes de asistencias técnicas realizadas por funcionarios del servicio. Es importante destacar que este registro no es fotointerpretativo, no muestra los inventarios mencionados y no refleja la totalidad de remociones en el territorio. Es importante tener en cuenta que el Visor Portal Geomin, como su nombre lo indica, está diseñado principalmente para la visualización y no permite la descarga de archivos en formato vectorial.

El SERNAGEOMIN dispone de una BBDD creada con el propósito de almacenar el catastro nacional de RM, a la que se puede acceder a través del visualizador de mapas del PortalGEOMIN (Figura 1). Esta BBDD corresponde a una capa vectorial de puntos donde se localizan las asistencias técnicas geológicas que han sido respaldadas por un informe técnico. Los campos de las BBDD se despliegan al seleccionar previamente en el árbol de capas Remociones en Masa/Catastro Remociones en Masa

Si bien, en la parte superior del PortalGEOMIN se indica “Catálogo Nacional de Información Geológica y Minera” se debe indicar que las funcionalidades del visualizador no se corresponden con las que debe ofrecer un servicio de Catálogo (Catalog Service Web - CSW) según el estándar de Open Geospatial Consortium (OGC). El servicio de catálogo o de localización ofrece una de las funcionalidades básicas: el descubrimiento o localización de recursos de información geográfica (datos y servicios). Los servicios de catálogo desempeñan una función de intermediario entre los productores, o proveedores de información, y los clientes



**Figura 1.** PortalGEOMIN: Vista de campos de BBDD catastro nacional RM.

Fuente: <https://portalgeominbeta.sernageomin.cl>

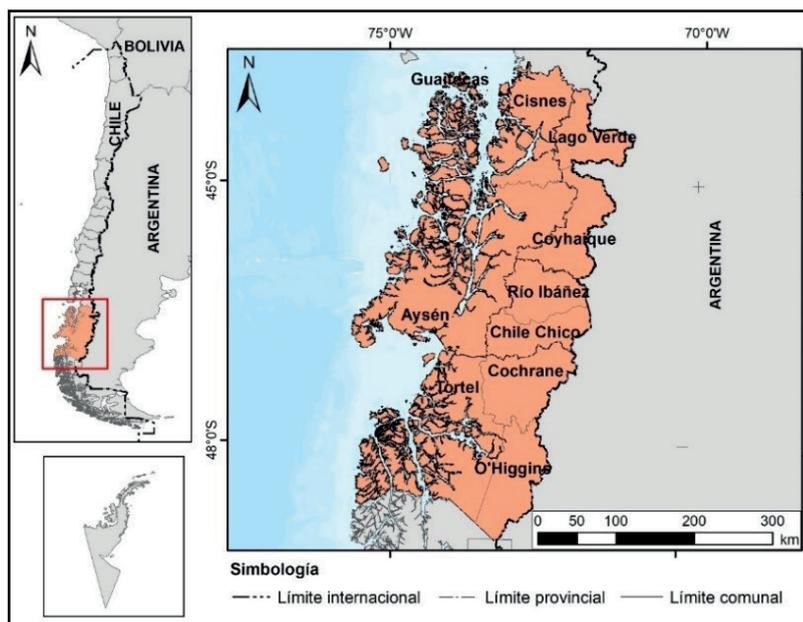
o consumidores, facilitando la labor de localización y acceso a los productos y servicios (Iniesto & Núñez, 2021).

Basándonos en la estructura de BBDD del catastro nacional del SERNAGEOMIN, se han creado bases prácticamente idénticas para su uso en diversas actividades, como prácticas con estudiantes de pregrado y para otros propósitos a nivel de direcciones y departamentos.

Como contexto de aplicación de la propuesta de BBDD se considera los registros de RM de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Esta región (Figura 2) presenta una vasta extensión, 108.494,40 km<sup>2</sup> (Biblioteca Nacional, 2005), cuenta con una población total de 103.158 habitantes (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2017), por lo que la densidad poblacional es bastante menor comparado con otras regiones del país. Sumado al hecho de que Coyhaique, la capital regional, alberga a más de la mitad de esa población 57.818 habitantes (INE, 2019).

La región la componen cuatro provincias: Aysén, Coyhaique, General Carrera y Capitán Prat, con una total de 10 comunas: Las Guaitecas, Cisnes, Aysén, Lago Verde, Coyhaique, Río Ibáñez, Chile Chico, Cochrane, Tortel y O'Higgins.

Respecto a los eventos de RM en la región de Aysén, entre 1994 y 2019 se han registrado 25 eventos por SERNAGEOMIN, todos respaldados por los correspondientes informes técnicos. Durante el año 2021, se realizaron cuatro solicitudes de asistencia técnica por RM, y en el transcurso de 2022, se sumaron otros siete eventos adicionales.



**Figura 2.** Localización Región de Aysén.

Fuente: <https://portalgeominbeta.sernageomin.cl>

Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de estos registros, cada año se reportan más eventos de los que se tienen informes técnicos, principalmente debido a desprendimientos en carreteras y rutas, los cuales suelen ser rápidamente atendidos por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Además, existen casos en los que se producen eventos de Riesgo Geológico en áreas no habitadas, aisladas y sin intervención humana directa. De los informes técnicos se desprende que el tipo de movimiento más frecuente corresponde al de flujo y deslizamiento, mientras que el factor desencadenante más común son las precipitaciones y aportes de agua.

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1. Estructura de la base de datos

Se realizó una exhaustiva revisión de las bases de datos temáticas relacionadas con RM disponibles en el SERNAGEOMIN. Este proceso de diagnóstico proporcionó un sólido punto de partida para la propuesta de una nueva BBDD que se presenta en el contexto de este trabajo.

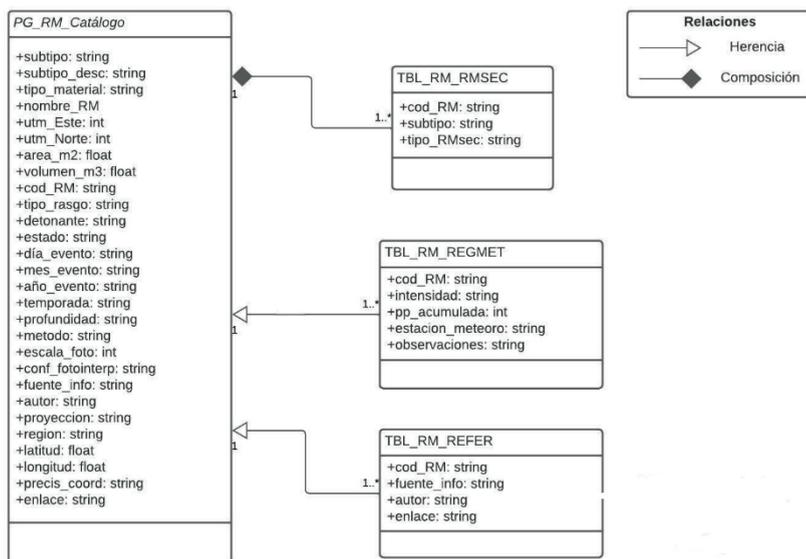
Además, se organizaron múltiples reuniones con los profesionales del Departamento de Geomática del SERNAGEOMIN a nivel nacional. El objetivo de estas reuniones fue comprender las dificultades que enfrentan en la generación de BBDD, dado que diversos usuarios emplean criterios e intereses particulares en su creación. La falta de normalización/estandarización en estos procedimientos conlleva a la duplicación de recursos y tiempo, pero fundamentalmente afectan la actualización e intercambio eficiente de datos e información.

A partir de la evaluación de las BBDD disponibles, consultas, análisis y trabajo conjunto con profesionales del Departamento de Geología Aplicada de la unidad de Peligros Geológicos y Ordenamiento Territorial y de la Unidad de Asistencias Técnicas y Emergencias Geológicas a nivel nacional, se consideró como referencia la BBDD del catastro nacional de RM para plantear la propuesta que se presenta en el marco de este trabajo. En la Figura 3 se presenta el modelo lógico de la BBDD del catastro nacional de RM SERNAGEOMIN que presenta la siguiente estructura:

- TBL\_RMSEC: Remociones en masa secundarias generadas a partir del evento principal.
- TBL\_RM\_REGMET: Datos de precipitaciones previo o durante el evento de remoción en masa.
- TBL\_RM\_REFER: Fuente de información, literatura, prensa, referencia bibliográfica del evento.

Todas las subclases mantienen una cardinalidad 1...\* con la superclase, es decir, un evento de RM puede tener muchos datos o ninguno en las tablas relacionadas. Por ejemplo, un evento de RM puede tener varias remociones secundarias asociadas o ninguna, desde cero a varios datos de precipitaciones dependiendo de las estaciones que registren y/o una o varias fuentes de la información que acrediten el evento.

La relación de herencia establece que las tablas secundarias o subclases asociadas a la superclase, en este caso PG\_RM\_Catálogo, heredan todos los atributos de esta última, evitando así la duplicidad de información. Por otro lado, la relación de composición establece que no puede existir una subclase sin la superclase, lo cual se ve reflejado para las remociones secundarias.



**Figura 3.** Modelo lógico BBDD catastro nacional de RM SERNAGEOMIN.

Nota: subtipo: Tipo de remoción en masa/ subtipo\_desc: Descripción tipo de remoción en masa.

A partir del modelo lógico, surgen diversas observaciones y cuestionamientos relacionados con la comprensión de la estructura de la base de datos. Se plantean interrogantes sobre cómo se completan y actualizan los distintos campos, si existe algún grado de normalización y, sobre todo, si es factible que cualquier usuario con conocimientos técnicos pueda agregar nueva información o actualizar la base de datos.

En varios campos se utiliza el formato “string”, para completar los atributos, cuando se podría normalizar a números según corresponda. Este formato definido para varios atributos de la BBDD, no permite filtros de búsqueda, consultas específicas y hacer estadística con la información almacenada. Además, a partir observaciones e indagaciones realizadas a usuarios se evidencian dificultades para actualizar y/o ampliar la BBDD por cualquier usuario que no sea el creador o previa consultas al mismo.

El objetivo de esta base de datos es almacenar eventos de RM georreferenciados para brindar apoyo en la toma de decisiones previo y durante una emergencia, principalmente en la identificación de aquellas zonas donde

sea más frecuente este tipo de evento. Es importante destacar que, ante el aviso de un evento meteorológico de precipitación importante y en corto periodo de tiempo, se tomen los cursos de acción de manera preventiva en rutas y sectores que han sido afectados previamente por eventos de RM. Como consecuencia es importante que los usuarios que ingresen nueva información a la BBDD sean expertos en la parte técnica geológica para realizar una correcta clasificación de las RM, además, de tener conocimiento en el manejo de software SIG (Sistemas de Información Geográfica) que les permita utilizar la BBDD sin dificultad.

### 3.2 Estructura de la base de datos

#### 3.2.1 Selección de elementos ISO 19115-1:2014 para normalizar en BBDD

A partir de la revisión y observaciones de los campos de la BBDD de RM y las propuestas de normalización de campos según ISO 19115-1:2014 se han considerado las siguientes 6 secciones de las 18 que conforman la Norma.

- Información de Metadatos
- Información de Identificación
- Información de Linaje
- Información de Sistema de Referencia
- Información de Distribución

En la Tabla 1 se detallan los elementos considerados de las seis secciones seleccionadas para la normalización de la BBDD de RM.

**Tabla 1.** Elementos ISO 19115-1: 2014 para la propuesta BBDD

<i>Secciones</i>	<i>Entidades</i>	<i>Elementos</i>	<i>Definición del elemento ISO 19915-1:2014</i>	<i>Nombre para propuesta de BBDD de RM</i>
Información del Metadato		Identificador del fichero	Identificador único para este registro de metadato (OB)	ID_RM
	MD_Metadata	Información de la fecha	Fecha (Date; OB): devuelve valores para el año, el mes y el día. La codificación de caracteres de una fecha es una cadena que deberá cumplir el formato para la fecha especificada por ISO 8601: AAAA-MM-DD. Nota: Se debería proporcionar la fecha de creación, también se puede incluir otras	FECHA
		Organización	Nombre de la organización (OB)	ORGANIZACIÓN

Continuación Tabla 1

Secciones	Entidades	Elementos	Definición del elemento ISO 19915-1:2014	Nombre para propuesta de BBDD de RM
		Contacto	Información de contacto (OP)	CONTACTO
		Rol	Función realizada por la parte responsable (OP) Nota: se definen en listas controladas para catálogo, lista de dominio para BBDD	ROL
		Enlace a los metadatos	Sitio en línea donde está disponible el metadato (OP)	ENLACE
Información de identificación	MD_Identification	Extensión	Extensión geográfica (OP): área espacial del recurso resultado de la realización del hecho o proceso de determinar la extensión, dimensiones o cantidad de alguna entidad	EXTENSION_AREA_M2
Información de Linaje	MD_Linaje	Fuente	Linaje (OP): Una descripción de la fuente(s) y el proceso(s) de producción utilizado(s) en la producción del recurso. Fuente (C): información sobre la fuente de datos usada en la creación de los datos especificados en el ámbito	FUENTE
Información del sistema de referencia	MD_ReferenceSystem	Sistema de referencia	Información sobre el sistema de referencia	SIST_REF
		Identificador	Identificador y espacio de códigos (codespace) para el sistema de referencia	ID_SIST_REF
Información de distribución	MD_Distribution	Enlace	Proporciona información sobre los métodos técnicos y los soportes para obtener un recurso de su distribuidor. Enlace (OB): localización (dirección) para el acceso en línea usando una dirección del Localizador de Recurso Uniforme (URL) o un esquema de dirección similar	ENLACE

**Fuente:** elaboración propia.

Nota: OB: Obligatorio – OP: Opcional.

Para el código de identificación del registro (COD\_RM) se propone un formato que considere los aspectos más generales del evento, que tenga una estructura lógica y que a su vez sea lo suficientemente específico para poder realizar búsquedas por filtros de manera rápida y sencilla. En la Figura 4 se presenta la propuesta de codificación para el campo COD\_RM que incluye las siglas 'RM' que indican 'Remoción en Masa', seguidas del número de la región en numeración romana, un guion medio para separar el tercer elemento que representa el año del evento de la Remoción en Masa, y otro guion medio que finaliza con el número correlativo de ingreso a la Base de Datos. Esta estructura permite abarcar los aspectos más generales sin repetir información ya incluida en otros campos de la BBDD.



**Figura 4.** Estilo codificación de registro de RM.  
Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2 Definición de listas de dominio

Se han definido 10 listas de dominio para los campos de la propuesta de la base de datos. Estas listas abarcan: Tipo de Movimiento, Tipo de Material, Factor Detonante, Actividad, Rol, Comuna, Código Único Territorial, Estación Meteorológica, Tipo de Rasgo y Clasificación de RM. Se proporciona un resumen de estas listas y sus fuentes en la Figura 5.

Tipo de Movimiento	Tipo de Material	Factor Detonante
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Caída</li> <li>•Volcamiento</li> <li>•Deslizamiento</li> <li>•Propagación</li> <li>•Flujo</li> <li>•Deformación gravitacional profunda</li> <li>•Compuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Roca</li> <li>•Suelo/Sedimento</li> <li>•Roca y Suelo/Sedimento</li> <li>•Otro</li> <li>•Información no colectada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sismos</li> <li>•Precipitaciones y aportes de agua</li> <li>•Intervención antrópica</li> <li>•Erupción volcánica</li> <li>•Cambios en la geometría</li> <li>•Aplicación de cargas</li> <li>•Acción climática</li> <li>•Otro</li> </ul>
Varnes (1978) WP/WLI (1990) Cruden y Varnes (1996) Hungr et al (2001) PMA (2007)	Varnes (1978) PMA (2007) GNS Landslide Database <a href="http://data.gns.cri.nz/landslides/">(http://data.gns.cri.nz/landslides/)</a>	González de Vallejo (2012)

**Figura 5.** Listas de dominio para propuesta de BBDD de RM.

Tipo de Movimiento	Tipo de Material	Factor Detonante	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída</li> <li>• Volcamiento</li> <li>• Deslizamiento</li> <li>• Propagación</li> <li>• Flujo</li> <li>• Deformación gravitacional profunda</li> <li>• Compuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roca</li> <li>• Suelo/Sedimento</li> <li>• Roca y Suelo/Sedimento</li> <li>• Otro</li> <li>• Información no colectada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sismos</li> <li>• Precipitaciones y aportes de agua</li> <li>• Intervención antrópica</li> <li>• Erupción volcánica</li> <li>• Cambios en la geometría</li> <li>• Aplicación de cargas</li> <li>• Acción climática</li> <li>• Otro</li> </ul>	
Varnes (1978) WP/WLI (1990) Cruden y Varnes (1996) Hungr et al (2001) PMA (2007)	Varnes (1978) PMA (2007) GNS Landslide Database ( <a href="http://data.gns.cri.nz/landslides/">http://data.gns.cri.nz/landslides/</a> )	González de Vallejo (2012)	
Actividad	Rol	Comuna y Código Único Territorial Comunal	Estación Meteorológica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activo</li> <li>• Reactivado</li> <li>• Suspendido</li> <li>• Inactivo</li> <li>• Sin información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autor</li> <li>• Conservador</li> <li>• Creador</li> <li>• Distribuidor</li> <li>• Editor</li> <li>• Investigador principal</li> <li>• Procesador</li> <li>• Propietario</li> <li>• Proveedor del recurso</li> <li>• Punto de contacto</li> <li>• Usuario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aysén - 11201</li> <li>• Cisnes - 11202</li> <li>• Las Gualtecas - 11203</li> <li>• Coyhaique - 11101</li> <li>• Lago Verde - 11102</li> <li>• Cochrane - 11301</li> <li>• Tortel - 11302</li> <li>• O'Higgins - 11303</li> <li>• Chile Chico - 11401</li> <li>• Río Ibáñez - 11402</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado con estaciones meteorológicas vigentes en la región de Aysén (Ver Anexo II)</li> </ul>
WP/WLI (1993) Cruden y Varnes (1996) PMA (2007)	Norma ISO 19115 (2014)	<a href="https://www.bcn.cl/sitio/mapoteca/comunas">https://www.bcn.cl/sitio/mapoteca/comunas</a> <a href="https://www.subdere.gub.cl">https://www.subdere.gub.cl</a>	Metecchile DGA CIREN
Tipo de Rasgo	Clasificación RM		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cicatriz</li> <li>• Cuerpo principal</li> <li>• Corona</li> <li>• Cabeza</li> <li>• Cima</li> <li>• Escarpe principal</li> <li>• Escarpe secundario</li> <li>• Flanco derecho/izquierdo</li> <li>• Pie</li> <li>• Punta</li> <li>• Perímetro del pie</li> <li>• Superficie original del terreno</li> <li>• Superficie de separación</li> <li>• Superficie de falla</li> <li>• Material desplazado</li> <li>• Zona de generación/ arranque/ desprendimiento</li> <li>• Zona de acumulación</li> <li>• Reducción/Depresión</li> <li>• Masa deprimida</li> <li>• Acumulación</li> <li>• Zona de transporte/ propagación/ erosión</li> <li>• Geometría indeterminada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de roca</li> <li>• Caída de bloque/detrito/arena/limo</li> <li>• Volcamiento de bloque de roca</li> <li>• Volcamiento de grava/arena/limo</li> <li>• Volcamiento flexural de roca</li> <li>• Deslizamiento compuesto de arcilla/limo</li> <li>• Deslizamiento compuesto de roca</li> <li>• Deslizamiento de grava/arena/detritos</li> <li>• Deslizamiento de cuña de roca</li> <li>• Deslizamiento irregular de roca</li> <li>• Deslizamiento traslacional (o planar) de arcilla/limo</li> <li>• Deslizamiento traslacional (o planar) de roca</li> <li>• Deslizamiento rotacional (o planar) de arcilla/limo</li> <li>• Deslizamiento rotacional (o planar) de roca</li> <li>• Propagación de arcilla sensible</li> <li>• Propagación de roca en pendiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propagación por licuefacción de arena/limo</li> <li>• Avalancha de detritos</li> <li>• Avalancha de roca</li> <li>• Crecida de detritos</li> <li>• Deslizamiento-flujo de arcillas sensibles</li> <li>• Deslizamiento-flujo de arena/limo/detritos</li> <li>• Flujo de barro canalizado/ no canalizado</li> <li>• Flujo de detritos canalizado/ no canalizado</li> <li>• Lahar</li> <li>• Flujo de tierra canalizado/ no canalizado</li> <li>• Flujo de turba canalizado/ no canalizado</li> <li>• Flujo seco de /arena/limo/detritos canalizado/ no canalizado</li> <li>• Deformación de laderas de montaña</li> <li>• Deformación de laderas de roca</li> <li>• Deformación de laderas de suelo</li> <li>• Reptación de suelo</li> <li>• Solifluxión</li> <li>• Clasificación indeterminada</li> </ul>	
WP/WLI (1993) PMA (2007)	Cruden y Varnes (1996) Hungr et al., (2001) PMA (2007) Hungr et al., (2014)		

Figura 5 (cont.). Listas de dominio para propuesta de BBDD de RM.

### 3.2.3 Definición de campos opcionales

Durante el análisis de las BBDD disponibles y la identificación de requerimientos, se realizó una consulta a los usuarios del Servicio del SERNAGEOMIN para determinar qué necesidades de información, con fines prácticos, deberían ser incorporadas a la base de datos. Se obtuvieron varias sugerencias que se complementaron con recomendaciones provenientes de organismos internacionales. A continuación, se detallan las incorporaciones propuestas:

- 1) Tipo de movimiento secundario (TIPO\_MOV\_SEC): En caso de que el movimiento principal evolucione a uno distinto se establece este campo que contiene la misma lista de dominio que el campo TIPO\_MOV (Figura 3). Recomendación establecida por la Unesco (UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, 1990).

**Tabla 2.** Campo para el tipo de movimiento secundario

<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Código	TIPO_MOV_SEC
Nombre	Tipo de movimiento secundario
Definición	Cinemática de un movimiento en masa secundario, producto de uno primario.
Tipo de dato	String o cadena de texto
Unidad de medida	No aplica

**Fuente:** elaboración propia

- 2) Código único territorial comunal (COD\_COMUNA): Al implementar un campo para el código único territorial, permitirá unir a otras bases de datos que contengan información territorial como, por ejemplo: Instituto Nacional de Estadísticas para efectos de población y la Dirección de Vialidad del MOP para las rutas.

**Tabla 3.** Campo para el código único territorial

<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Código	COD_COMUNA
Nombre	Código comuna
Definición	Código único territorial
Tipo de dato	Entero corto
Unidad de medida	No aplica

**Fuente:** elaboración propia.

- 3) Recomendaciones dispuestas en los informes técnicos por SERNAGEOMIN (RECOMENDACIONES): Campo de valor de texto en cadena con un máximo

de 500 caracteres. En caso de que exista un informe técnico asociado al evento. Campo solicitado por equipo de la Oficina Técnica de Coyhaique.

**Tabla 4.** Campo para las recomendaciones

<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Código	RECOMENDACIONES
Nombre	Recomendaciones realizadas por SERNAGEOMIN
Definición	Recomendaciones publicadas en informe técnico, emitido por SERNAGEOMIN
Tipo de dato	String o cadena de texto
Unidad de medida	No aplica

**Fuente:** elaboración propia.

4) **Damnificados (DAMNIFICADOS):** Campo de valor numérico entero corto, opcional. Es necesario para la cuantificación del impacto.

**Tabla 5.** Campo para los damnificados

<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Código	DAMNIFICADOS
Nombre	Damnificados
Definición	Personas impactadas y afectadas por el evento de remoción en masa.
Tipo de dato	Entero corto
Unidad de medida	N° de personas

**Fuente:** elaboración propia.

5) **Fallecidos (FALLECIDOS):** campo de valor numérico entero corto, opcional. Es necesario para la cuantificación del impacto.

**Tabla 6.** Campo para los fallecidos

<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Código	FALLECIDOS
Nombre	Fallecidos
Definición	Personas fallecidas en un evento de remoción en masa determinado
Tipo de dato	Entero corto
Unidad de medida	N° de personas

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.2.4 Diccionario de Datos para BBDD de RM

Para complementar la propuesta de la BBDD de RM se confeccionó un Diccionario de Datos, recurso que facilitará el cumplimiento de los objetivos de uso y/o actualización de la base de datos sin dificultades.

El Diccionario de Datos contiene 10 secciones: Tipo de movimiento, Tipo de material, Factor detonante, Estado de actividad, Rol, Comuna, Código único territorial comunal, Estación meteorológica, Tipo de rasgo y Clasificación de remociones en masa.

Para el diseño del diccionario se consideró como referencia y/o ejemplo los Diccionarios de Datos de IDECA<sup>3</sup> (2019), IDE Chile<sup>4</sup> e IDE MINAGRI<sup>5</sup>.

Como ejemplo se presenta en la Tabla 7 la sección correspondiente a Tipo de movimiento.

**Tabla 7.** Diccionario de datos para los campos de Tipo de movimiento

<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Nombre	Tipo de movimiento
Alias	TIPO_MOV
Resumen	Consiste en la descripción de los tipos de movimientos de remoción en masa. La cinemática general de la masa desplazada. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996) la cinemática de un deslizamiento de tierra, es decir, cómo se distribuye el movimiento a través de la masa desplazada, es uno de los principales criterios para clasificar los deslizamientos de tierra. Sin embargo, de igual importancia es su uso como criterio principal para definir la respuesta adecuada a un deslizamiento de tierra. En este diccionario se describen siete tipos de movimientos, 6 establecidos en primera instancia por Varnes (1978), Cruden y Varnes (1996) los cuales son Caída, Volcamiento, Deslizamiento, Propagación lateral, Flujo y Compacto. Se le agrega a la lista de dominio el concepto de Deformación Gravitacional Profunda (PMA, 2007) para aquellos procesos muy lentos y extensos donde no se distingue una ruptura de falla.
URI (Identificador Uniforme de Recurso)	Cruden & Varnes (1996). <i>Landslide types and processes. Landslides, Investigation and Mitigation</i> , ed. AK Turner and RL Schuster. Transportation Research Board, Special Report, 247, 36475. ISSN 0717-3733 Varnes (1978). Slope movement types and processes. Special report, 176, 11-33
Idioma	Español

<sup>3</sup> <https://www.ideca.gov.co/sites/default/files/documentacion/instrucciondd.pdf>

<sup>4</sup> [https://www.goreaysen.cl/controls/neochannels/neo\\_ch131/appinstances/media209/Diccionario\\_Datos.doc](https://www.goreaysen.cl/controls/neochannels/neo_ch131/appinstances/media209/Diccionario_Datos.doc)

<sup>5</sup> <https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/diccionario-de-datos/>

Continuación Tabla 7

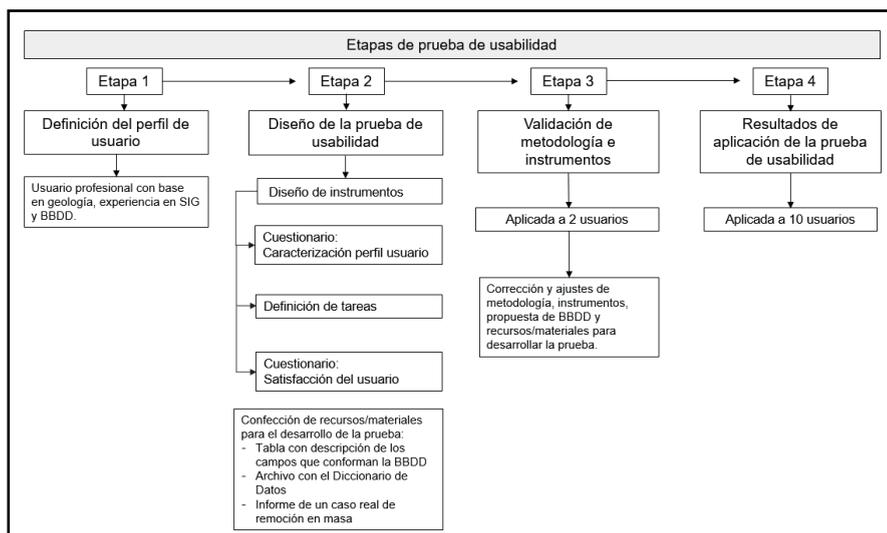
Elemento	Descripción
Fecha actualización	2022-12-04
Administrador	Oficina Técnica de Coyhaique, Unidad de Asistencias Técnicas y Emergencias Geológicas. Eusebio Lillo 429, Coyhaique
Propietario – Entidad responsable	SERNAGEOMIN

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4. Validación de BBDD de RM: prueba de usabilidad

Para validar la propuesta de BBDD de RM, se realizó una prueba de usabilidad utilizando la metodología basada en tareas. El objetivo principal fue verificar si los usuarios podían comprender la estructura y los campos definidos, así como determinar si podían ingresar registros y actualizar la BBDD sin necesidad de recurrir al creador, utilizando los recursos y materiales proporcionados, como la tabla con la descripción de campos y el diccionario de datos.

La prueba de usabilidad se desarrolló en cuatro etapas, las cuales se esquematizan en la Figura 6. A cada participante de la prueba se asignó un código único a cada usuario con el fin de garantizar la trazabilidad de sus acciones a lo largo de los resultados obtenidos en la aplicación de los distintos instrumentos definidos para la prueba de usabilidad.



**Figura 6.** Etapas de prueba de usabilidad.

Fuente: elaboración propia.

## 4.1 Definición del perfil de usuario

El “usuario” se define como la “Persona que interactúa con el producto” [ISO 9241-11: 1998. 3.7]. Su perfil se caracteriza por el “Conjunto de atributos específicos utilizados por el sistema que pertenecen a un usuario o grupo de usuarios particular” [ISO 9241-151: 2008. 3.19].

En el contexto de esta prueba de usabilidad, se ha definido un perfil de usuario profesional con las siguientes características: utilizan datos e información geográfica, tienen formación básica en geología (titulación en geología o ciencias afines) y poseen conocimientos y habilidades en el manejo de *software* SIG.

Para la selección de los participantes, se optó por un muestreo de tipo incidental, eligiendo la muestra por conveniencia a partir de un grupo de individuos que cumplen las características definidas en el perfil de usuario. Una muestra es incidental cuando se forma con los elementos de la población que están al alcance del investigador. Este es el único criterio para la selección de su muestra, la representatividad de la misma resulta desconocida (Bayardo, 1993).

Se ha definido un total de 10 participantes para la prueba de usabilidad, número aceptado y validado por expertos en usabilidad. Se afirma que empíricamente que entre tres y cinco participantes debería ser suficiente para encontrar el 85% de los problemas (Nielsen, 2000). Por otra parte, considerando la metodología seleccionada, basada en tareas, requiere una muestra pequeña. Según Barnum (2021) se asume que el número de usuarios para poder llevar a cabo las tareas y obtener los resultados de usabilidad generalmente se encuentre entre tres a 10 usuarios.

## 4.2 Diseño de la prueba de usabilidad

Con el fin de obtener información adicional sobre los participantes de la prueba, se diseñó un cuestionario para caracterizar el perfil de usuario. Este instrumento proporciona datos para identificar posibles relaciones entre el usuario y los resultados obtenidos en la prueba, logrando esto a través de la trazabilidad de cada participante mediante el código único asignado.

La evaluación de usabilidad de la BBDD de RM se basó en la metodología basada en tareas, la cual, debido a las condiciones de distancia entre los usuarios, se realiza de forma remota a través de la plataforma Teams de Microsoft 365 y Google Meet.

Se definieron cinco tareas para la prueba de usabilidad que se detallan en la Tabla 8.

Para realizar las tareas se entregan los siguientes recursos/materiales:

1. Tabla con descripción de los campos que conforman la BBDD
2. Archivo con el Diccionario de Datos en formato Word y Excel para que el usuario defina cuál le resulta más cómodo de usar.
3. Archivo en formato Word con informe de un caso real de RM emitido por Oficina Técnica de Coyhaique (OTC) para asistencia técnica geológica.

**Tabla 8.** Tareas para prueba de usabilidad

<i>Tareas</i>
1. Descargar recursos para la prueba: -Tabla Descripción de Campos -Diccionario de Datos -Caso remoción en masa para actualizar en base de datos emitido por Oficina Técnica de Coyhaique (OTC) para asistencia técnica geológica. -Base de datos en formato .gdb.
2. Cargar la base de datos en ArcGIS.
3. Actualizar la base de datos con el caso de remoción en masa y guardar.
4. Realizar un filtro de búsqueda por comuna y por tipo de movimiento.
5. Realizar las siguientes consultas a la base de datos: -¿Cuál es el tipo de movimiento de remoción en masa más frecuente en la región de Aysén? -¿Cuál es el detonante más frecuente?

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez finalizadas las tareas se realizan las preguntas de indagación para obtener información sobre los recursos utilizados, los campos consultados y para recibir retroalimentación por parte de los usuarios. Esto incluye observaciones, sugerencia de cambios, si tuvieron dificultades para actualizar la BBDD, u otros comentarios que deseen compartir.

La aplicación de la prueba de usabilidad basada en tareas, considera la evaluación los tres parámetros que definen la usabilidad:

- **Eficacia:** Precisión y grado de consecución con que los usuarios logran objetivos establecidos. [ISO 9241-11: 1998. 3.2].
- Se observa y registra si los usuarios lograron realizar las tareas propuestas.
- **Eficiencia:** Relación entre los recursos empleados y la precisión y grado de consecución con que los usuarios logran objetivos establecidos. [ISO 9241-11: 1998. 3.3] Se observa y registra qué recursos/materiales utiliza cada usuario para completar las tareas.
- **Satisfacción:** Ausencia de incomodidad y existencia de actitudes positivas hacia la utilización del producto. [ISO 9241-11: 1998. 3.4] Se realizó una adaptación del cuestionario System Usability Scale -SUS (Tabla 9). Este instrumento fue diseñado por Brooke (1996) y se ha difundido ampliamente, aplicándose en distintos contextos de uso. El objetivo es proporcionar una medida de las percepciones subjetivas de las personas sobre la usabilidad de un sistema, producto o servicio (Brooke, 2013).

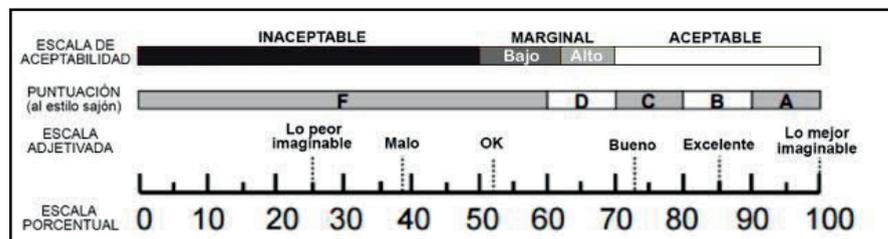
Para medir los resultados del cuestionario SUS, se utilizan las escalas desarrolladas por Bangor, Kortum y Miller (2009), donde se considera la puntuación de cada usuario de forma individual (Figura 7).

**Tabla 9.** Cuestionario SUS adaptado de Brooke (1996)

Pregunta	Puntaje asignado				
	1= Muy en desacuerdo	2	3	4	5= Muy de acuerdo
1. Creo que me gustaría esta BBDD con frecuencia					
2. Encontré la BBDD innecesariamente complejo					
3. Pensé que la BBDD era fácil de usar					
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para ser capaz de usar la BBDD					
5. Encontré las diversas funciones en esta BBDD estaban bien integrados					
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en esta BBDD					
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta BBDD muy rápidamente					
8. La BBDD me pareció muy difícil de usar					
9. Me sentí muy cómodo usando la BBDD					
10. Necesito aprender muchas cosas antes de poder usar esta BBDD					

**Fuente:** elaboración propia adaptado de Brooke (1996).

Nota: Una vez aplicado el cuestionario y obtenida las puntuaciones se deberán realizar los siguientes procedimientos para obtener puntuaciones de 0-4 y así finalizar con un rango de satisfacción de 0-100: a) Los ítems redactados en positivo (preguntas 1,3, 5, 7 y 9) al valor obtenido se restará 1. b) Los ítems redactados en negativo (preguntas 2, 4, 6, 8, 10) el valor obtenido será igual a 5 menos la posición de la calificación en la escala. c) Se suman todas las puntuaciones. d) El total de la suma se multiplica por 2,5 y se obtiene la medida de satisfacción sobre un máximo de 100.



**Figura 7.** Escalas de calificaciones de puntaje SUS.

Fuente: Bargar, Kortum & Miller (2009, citado en Brooke, 2013).

### 4.3. Validación de instrumentos y metodología

Para evaluar la metodología definida, ajustar detalles y realizar correcciones, se realizó una prueba de validación con dos usuarios que cumplieran los requisitos del perfil de usuario previamente definido. A partir de los resultados obtenidos, se realizaron en las preguntas del cuestionario de caracterización del perfil de usuario y ajustes en el Diccionario de Datos. En general, ambos usuarios no tuvieron dificultades en realizar las tareas propuestas y lograron actualizar con éxito la BBDD.

### 4.4. Resultados de aplicación de la prueba de usabilidad

La prueba de usabilidad se aplicó a 10 usuarios que respondían a las características del perfil de usuario definido previamente: utilizan datos e información geográfica, tienen formación básica en geología (titulación en geología o ciencias afines) y tienen conocimiento en el manejo de *software* SIG. Las características de estos usuarios son las siguientes:

- El 30% eran hombres y el 70% eran mujeres.
- El 50% se encontraba en el rango de edad de 20 a 30 años, mientras que el otro 50% está en el rango de 41 a 50 años.
- Todos los usuarios tienen experiencia en actualización de BBDD y conocimiento de *software* SIG, específicamente ArcGIS.
- El 40% de los usuarios también tienen experiencia en el uso del *software* QGIS.
- En cuanto a las dificultades encontradas al trabajar con bases de datos y entornos SIG, el 80% de los usuarios han experimentado la necesidad de buscar información adicional para comprender ciertos atributos o listas de dominio durante las actualizaciones. Además, el 30% ha tenido que ponerse en contacto con el creador de la base de datos o no ha estado seguro de si la información que están añadiendo a un campo determinado era la correcta.

En relación con las tareas que permitieron obtener resultados sobre los parámetros de eficacia y eficiencia de la usabilidad, se destaca:

- Todos los usuarios cumplieron con éxito el objetivo de actualizar la BBDD, además, realizaron sin dificultades la búsqueda por filtro y la consulta solicitada.
- Todos consultaron alguno de los recursos/materiales entregados, la tabla con descripción de los campos que conforman la BBDD y Diccionario de Datos.
- Se observó de manera generalizada que los usuarios enfrentaron dudas al completar los campos "EXTENSION\_AREA\_M2" y "VOLUMEN\_M3". Dado que no se especificaba un cálculo y eran campos opcionales, no estaban seguros si debían ingresar un valor de 0 o dejarlo como "null". Sin embargo, cabe resaltar que la definición de estos campos estaba disponible en la Tabla de Descripción de Campos.
- Otros campos consultados fueron "COD\_COMUNA" (5 usuarios), "ROL" (3 usuarios), "ACTIVIDAD" (un usuario), "COMUNA" (un usuario).

En la Tabla 10 se presentan los resultados del cuestionario de SUS (Tabla 9). Se indican las puntuaciones según los procedimientos de Brooke (1996) y las calificaciones según adjetivos y rangos de aceptabilidad definidos por Bangor, *et al.* (2009)

**Tabla 10.** Puntuaciones SUS, adjetivos y rangos de aceptabilidad

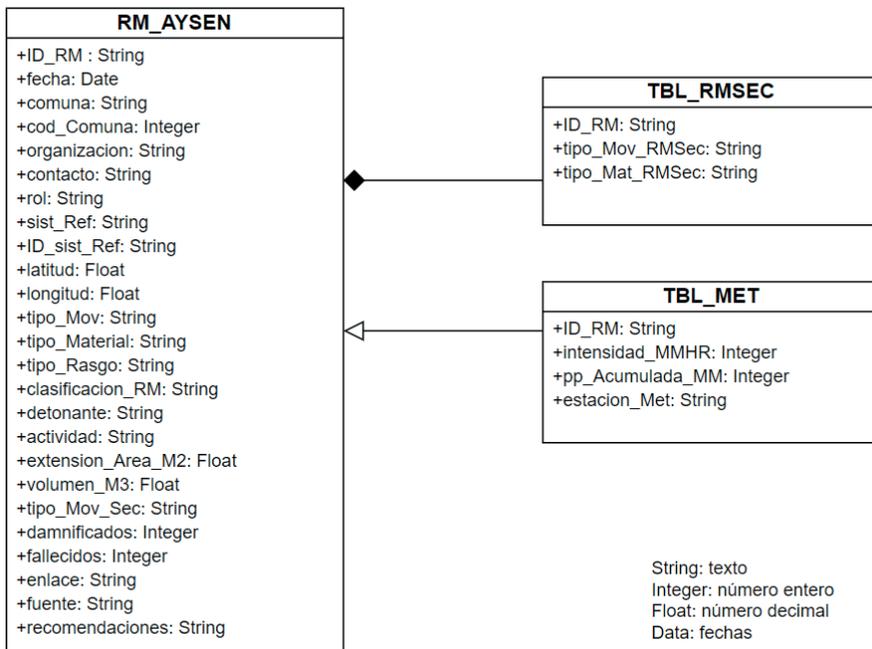
<i>Código de usuario</i>	<i>Puntaje SUS</i>	<i>Calificaciones según adjetivos</i>	<i>Escala de aceptabilidad</i>
U01	92,5	Excelente	Aceptable
U02	95	Excelente	Aceptable
U03	87,5	Excelente	Aceptable
U04	95	Excelente	Aceptable
U05	95	Excelente	Aceptable
U06	87,5	Excelente	Aceptable
U07	82,5	Bueno	Aceptable
U08	92,5	Excelente	Aceptable
U09	97,5	Excelente	Aceptable
U10	97,5	Excelente	Aceptable

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo con la escala de aceptabilidad propuesta por Bangor *et al.* (2009), los resultados con valores superiores a 70 se consideran "Aceptables" (Figura 7). Por lo tanto, considerando que el puntaje de todos los usuarios es superior a 82.5, se concluye que la propuesta de base de datos cumple con éxito el objetivo y los requisitos para los cuales fue diseñada. Además, al aplicar la escala de adjetivos definida por Bangor *et al.* (2009), se destaca que solo un usuario obtuvo un puntaje inferior a 85, asociado al adjetivo "Bueno", mientras que el resto de los usuarios obtuvieron puntuaciones superiores a 85, asociadas con el adjetivo "Excelente". Estas calificaciones indican que la propuesta de la base de datos satisface los requisitos de usabilidad, es eficaz y eficiente, y los usuarios terminan satisfechos al utilizarla.

## 5. Propuesta final de BBDD de RM

A partir del resultado obtenidos en la prueba de usabilidad se realizaron ajustes menores en la BBDD de acuerdo con las sugerencias de los usuarios. Como consecuencia, se obtuvo el modelo lógico definitivo de la BBDD, el cual se presenta en la Figura 8.



**Figura 8.** Modelo lógico BBDD para RM.

Fuente: Elaboración propia

Nota: TBL\_RMSEC: Remociones en masa secundarias generadas a partir del evento principal. TBL\_MET: Datos de precipitaciones previo o durante el evento de remoción en masa.

## 6. Conclusiones

Este trabajo abordó el desafío de establecer una estructura de base de datos normalizada que pueda ser compartida y actualizada sin la orientación previa de sus creadores. Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de las bases de datos relacionadas con remociones en masa en el SERNAGEOMIN, identificando dificultades en su comprensión y actualización. Se normalizaron los campos de la base de datos de referencia utilizando la Norma ISO 19115-1:2014, se definieron listas de dominio y se elaboró un diccionario de datos. La propuesta fue validada mediante una prueba de usabilidad, donde los usuarios lograron completar las tareas de manera satisfactoria, utilizando los recursos proporcionados y expresando niveles aceptables de eficacia, eficiencia y satisfacción. Se realizaron ajustes en la base de datos a partir de las sugerencias de los usuarios, finalizando con una propuesta mejorada que contribuirá a facilitar la gestión y toma de decisiones en relación a eventos de remoción en masa.

Se recomienda para futuras actualizaciones de la base de datos la adopción de la norma ISO 19115-1:2014 para la definición de nuevos campos. Esto facilitará futuras implementaciones, como la creación de un catálogo de metadatos y la

interoperabilidad con otras bases de datos que sigan esta normativa. Además, es esencial asegurar que cada adición de campo esté respaldada por un objetivo y una función justificados, manteniéndose alineada con el propósito general de la base de datos. Este enfoque garantizará que los usuarios, quienes utilizan la base de datos para la toma de decisiones en eventos de remociones en masa, encuentren la información relevante y útil.

Las listas de dominio se definieron a partir de recomendaciones internacionales y literatura especializada. Su construcción aporta un valor significativo a la base de datos, ya que la mayoría de los campos están definidos mediante listas de dominio en lugar de cadenas de texto, lo que facilita la búsqueda por filtros y completar los campos al momento de añadir nuevos registros de eventos de remoción en masa. Por otra parte, es importante destacar el valor del diccionario de datos como un recurso que permite completar correctamente la base de datos. Recurso que posibilita un mejor manejo de las listas de dominio y proporciona un lenguaje común que garantiza que cualquier usuario pueda entender, utilizar y actualizar la base de datos con los recursos que se le ofrecen, sin necesidad de recurrir a sus creadores. Esto ayuda a evitar la duplicidad y la creación continua de bases de datos debido a la falta de comprensión de las existentes.

Para contribuir a la actualización de la base de datos con nuevos eventos de remociones en masa, se sugiere complementar con la implementación de una aplicación orientada a la integración de la ciudadanía. Esta aplicación permitirá que los ciudadanos contribuyan con información en iniciativas de monitoreo participativas, la cual será verificada por organismos técnicos antes de ser ingresada a la base de datos. Este enfoque busca fomentar la colaboración con la comunidad científica para mejorar la toma de decisiones de manera colaborativa.

## Bibliografía

- Bangor, A., Kortum, P. & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies*, 4 (3), 114-123. Recuperado de [https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS\\_Bangor\\_May2009.pdf](https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf)
- Barnum, C. M. (2020). *Usability testing essentials: ¡Ready, set....test!* (2nd edition). Morgan Kaufmann, Elsevier. ISBN: 9780128169438.
- Bayardo, M. G. M. (1993). *Introducción a la metodología de la investigación educativa*. DF, México: Progreso.
- Biblioteca del Congreso Nacional (1980). *Decreto Ley 3525, MINERÍA (1980)*. Recuperado en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7160&idVersion=2015-03-14&idParte=8629048>
- Biblioteca del Congreso Nacional. SIIT (2005a, enero 11). Región de Aysén. Bcn.Cl. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/nuestropais/region11>
- Biblioteca del Congreso Nacional. SIIT. (2005b, enero 12). Clima y vegetación Región de Aysén. Bcn.Cl. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region11/clima.htm>

- Biblioteca del Congreso Nacional (2021). Ley-21364\_07-AGO-2021 Establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, sustituye la ONEMI. Recuperado en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1163423&idParte=10257882>
- Brooke, J. (1996). SUS-A Quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189 (194), 4-7.
- Brooke, J. (2013). *SUS: A Retrospective*, 8 (2), 29-40. Recuperado de <https://uxpajournal.org/sus-a-retrospective/>
- Crosta, G. B., Hermanns, R., Frattini, P., Valbuzzi, E. & Valagussa, A. (2014). Large Slope Instabilities in Northern Chile: Inventory, Characterization and Possible Triggers. In K. Sassa, P. Canuti & Y. Yin (eds.), *Landslide Science for a Safer Geoenvironment* (pp. 175-181). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-04996-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04996-0_28)
- Cruden, D. M. (1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43 (1), 27-29. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02590167>
- Cruden, D. M. & Brown, W. M. (1992). Progress Towards the World Landslide Inventory. In *Landslides: Proc, Sixth International Symposium on Landslides*. D. H. Bell (ed.), Christchurch, New Zealand, Feb. 10-14, A. A. Balkema, Rotterdam, vol. 1, Netherlands, pp. 59-64.
- Cruden, D. M. & Varnes, D. J. (1996). Chapter 3: Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247, 36-75. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/269710331\\_CrudenDMVarnes\\_DJ1996\\_Landslide\\_Types\\_and\\_Processes\\_Transportation\\_Research\\_Board\\_US\\_National\\_Academy\\_of\\_Sciences\\_Special\\_Report\\_247\\_36-75/link/5494b0cd0cf20f487d2c4700/download](https://www.researchgate.net/publication/269710331_CrudenDMVarnes_DJ1996_Landslide_Types_and_Processes_Transportation_Research_Board_US_National_Academy_of_Sciences_Special_Report_247_36-75/link/5494b0cd0cf20f487d2c4700/download)
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., & Savage, W. Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102 (3-4), 85-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>
- Galilea, S. (2020). *Cambio Climático y Desastres Naturales. Una Perspectiva Macrorregional*. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. DOI: <https://doi.org/10.34720/qhpt-jy35>
- González de Vallejo, L. (2012). *Ingeniería Geológica*. Pearson Prentice Hall. Madrid: Orimu.
- Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M. J. & Hutchinson, J. N. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience*, 7 (3), 221-238. DOI: <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.7.3.221>
- Instituto Nacional de Estadística [INE] (2017) Censo de Población y Vivienda. <https://www.inec.gov.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>
- Iniesto, M. J. & Núñez, A. (2021). *Infraestructura de Datos Espaciales* (1ª ed.). <https://doi.org/10.7419/162.35.2020>
- International Organization for Standardization (ISO). (2014). 19115-1, *Geographic information—Metadata—Part 1: Fundamentals*.
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). 9241-11 (en), *Ergonomics of human-system interaction—Part 11: Usability: Definitions and concepts*.

- Massa, S. M., De Giusti, A. E. & Pesado, P. M. (2012). *Métodos de evaluación de usabilidad: Una propuesta de aplicación en Objetos de Aprendizaje*. XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19339>
- Naranjo, J. A., Arenas, M., Clavero, J. & Muñoz, O. (2009). Tsunamis inducidos por movimientos en masa: Principales efectos durante la crisis sísmica de la Patagonia Archipelágica en Aisén (45° 25' S), Chile. *Andean geology*, 36(1), 137-145. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-71062009000100011>
- Nielsen, J. (2000). *Why You Only Need to Test with 5 Users*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- Sepúlveda, S. A., Serey, A., Lara, M., Pavez, A. & Rebolledo, S. (2010). Landslides induced by the April 2007 Aysén Fjord earthquake, Chilean Patagonia. *Landslides*, 7 (4), 483-492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-010-0203-2>
- Servicio Nacional de Geología y Minería (2007) Proyecto Multinacional Andino. *Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Vol. 4. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Serey, A., Piñero-Feliciangeli, L., Sepúlveda, S. A., Poblete, F., Petley, D. N. & Murphy, W. (2019). Landslides induced by the 2010 Chile megathrust earthquake: A comprehensive inventory and correlations with geological and seismic factors. *Landslides*, 16 (6), 1153-1165. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01150-6>
- UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1990). A suggested method for reporting a landslide. *Bulletin of the International Association*.
- Varnes, D. J. (1978). Chapter 2: Slope movement, types and processes. In Schuster, R. L. and Krizek, R. J. (eds.), *Landslides, Analysis and Control, Transportation Research Board* (pp. 11-33). National Academy of Sciences.