



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA
INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

CoreSafe: Base de Datos y Gestión de la Información para la Plataforma del Programa de Registro Conductual (PRC) en Indemin.

Franco Stefan Álvarez Soto

Franco.alvarezs@sansano.usm.cl

Profesor Guía
Óscar Carrasco Vera

Profesor Correferente
Diego Cáceres Solís

Resumen: En las operaciones industriales y mineras de Indemin, la seguridad laboral depende en gran medida de la observación sistemática del comportamiento en terreno mediante el Programa de Registro Conductual (PRC); sin embargo, estos registros se realizan actualmente en formularios en papel y plantillas no estandarizadas, dificultando la consolidación de la información, limitando su trazabilidad y entorpeciendo el análisis de los datos. Ante esta situación, surge la necesidad de contar con una estructura de datos centralizada y estandarizada que permita organizar y gestionar de manera coherente los registros del PRC. En este contexto, la presente tesina desarrolla el diseño del modelo de datos y los lineamientos de gestión de la información de la plataforma CoreSafe, incluyendo el modelado conceptual y lógico, la definición de catálogos maestros, la normalización del esquema relacional y la optimización de consultas mediante Laravel Query Builder. El resultado constituye la base estructural que permitirá almacenar y administrar los datos del PRC de forma confiable, consistente y trazable, fortaleciendo la disponibilidad y calidad de la información utilizada por Indemin.

Palabras Clave: Base de Datos, Programa de Registro Conductual, Normalización, Modelo Relacional.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo:

CoreSafe: Base de Datos y Gestión de la Información para la Plataforma del Programa de Registro Conductual (PRC) en Indemin.

Nombre del candidato(a): Franco Stefan Álvarez Soto _____

Carrera / Grado: Ingeniería en Informática _____

Campus: Viña del Mar _____ **Departamento:** Electrotecnia e Informática _____

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Óscar Carrasco Vera, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 11/03/2026 **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 11/03/2025 **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



1 Introducción.

1.1 Contexto y antecedentes.

Con el avance tecnológico, ha surgido la necesidad de transformar la forma en que las organizaciones administran sus procesos y gestionan la información. La digitalización se ha establecido como un requisito esencial para mejorar la eficiencia operativa, la trazabilidad de los datos y la capacidad de respuesta en entornos productivos cada vez más complejos.

Este cambio es sumamente importante en los sectores industriales y mineros, donde la seguridad laboral y la prevención de riesgos constituyen factores críticos para la continuidad operativa y la protección de los trabajadores. La capacidad de identificar, registrar y analizar conductas en terreno se ha convertido en un eje central dentro de las estrategias preventivas, permitiendo a las empresas anticipar incidentes y fortalecer su cultura de seguridad.

En este contexto, la empresa Indemin, con amplia trayectoria en servicios de logística interna y operaciones industriales, ha iniciado un proceso de digitalización de sus procesos de control y seguridad operacional. Esta estrategia busca optimizar la gestión de la información asociada a las observaciones conductuales, uno de los instrumentos más importantes en la prevención de accidentes y en la evaluación de comportamientos seguros en terreno.

Actualmente, los registros conductuales se gestionan de manera manual, utilizando formularios físicos que los observadores completan durante sus jornadas en terreno. En ellos se registran las conductas observadas, las tareas realizadas y diversos datos complementarios. Una vez completados, los formularios son transcritos manualmente a plantillas digitales en Excel, donde la información es analizada para elaborar reportes y generar retroalimentación dirigida a las distintas áreas de la empresa.

Este proceso forma parte de una estrategia institucional orientada a mantener un control detallado sobre las actividades operacionales, fomentar la participación de los trabajadores en la prevención de riesgos y disponer de información confiable y trazable que apoye la toma de decisiones en materia de seguridad laboral.

1.2 Definición del problema.

Actualmente, las observaciones de registros conductuales en Indemin se administran mediante formularios en papel, los cuales presentan variaciones en su formato dependiendo del cliente o la faena. Este proceso permite recopilar información relevante sobre el comportamiento en terreno, pero presenta limitaciones al momento de consolidar los datos y analizarlos de forma global. La falta de un repositorio centralizado genera pérdida de la información, posibles errores humanos durante la transcripción a Excel y la duplicidad de los registros, incluyendo la demora en la disponibilidad de estos.

Esta falta de estandarización y trazabilidad dificulta el seguimiento entre las observaciones realizadas y su contexto operativo, ya que no es posible relacionar de manera consistente cada registro con los programas, turnos o áreas correspondientes. En consecuencia, la información recopilada pierde valor analítico y su potencial para apoyar la prevención de riesgos y la toma de decisiones estratégicas dentro de la organización se ve limitado.



Además, la ausencia de mecanismos formales de control y calidad de datos impide aprovechar plenamente la información generada en terreno. Aunque se dispone de datos valiosos sobre las conductas observadas, la falta de un sistema centralizado, coherente y disponible en tiempo real restringe su uso eficiente y evidencia la necesidad de una solución tecnológica que permita integrar, estructurar y gestionar los registros de manera uniforme y confiable.

1.3 Breve descripción sobre la propuesta de solución.

La propuesta de solución para CoreSafe se basa en la definición de una plataforma digital orientada a la gestión centralizada de las observaciones conductuales realizadas por Indemin en sus distintas operaciones industriales y mineras. Su propósito es optimizar el Programa de Registro Conductual (PRC) mediante la digitalización de los registros, asegurando que la información generada en terreno sea accesible, trazable y consistente a lo largo de todo el proceso de gestión.

Dentro de esta plataforma, la presente tesina se centra en el componente de Base de Datos y Gestión de la Información, el cual constituye el núcleo estructural de CoreSafe. Este componente tiene como finalidad garantizar la integridad, disponibilidad y calidad de los datos, permitiendo que la información registrada por los observadores sea organizada y utilizada de manera confiable dentro de la organización.

Para cumplir este propósito, el desarrollo del componente de Base de Datos y Gestión de la Información contempla las siguientes tareas:

- Diseñar el modelo entidad-relación, representando de forma estructurada las entidades y relaciones clave del sistema, tales como Formularios, Programas de Registro Conductual, Observaciones, Usuarios y Catálogos.
- Definir mecanismos de integridad y trazabilidad, mediante la especificación de llaves primarias y foráneas, junto con reglas de consistencia referencial que aseguren la coherencia de los datos.
- Definir e implementar catálogos maestros para estandarizar información crítica y homogenizar los registros provenientes de distintas fuentes.
- Optimizar el acceso a la información mediante el diseño de una consulta integrada utilizando Laravel Query Builder, garantizando un acceso eficiente, seguro y coherente con la estructura del modelo de datos propuesto.
- Documentar la estructura del modelo y los procesos de gestión de la información, asegurando su mantenimiento, escalabilidad y alineación con los requerimientos institucionales de Indemin.

1.4 Límites del proyecto.

Incluido en el desarrollo:

- Modelado conceptual y lógico de la base de datos, considerando las entidades, atributos y relaciones principales que conforman el sistema.



- Definición e implementación de catálogos orientados a la estandarización de valores críticos y la homogenización de la información registrada en las distintas faenas.
- Validación de la integridad referencial y consistencia del modelo, mediante la aplicación de reglas de negocio y restricciones propias del diseño relacional.
- Optimización de consultas a la base de datos mediante el uso de Laravel Query Builder y SQL, garantizando eficiencia y correcta recuperación de información.
- Validación conceptual con usuarios reales en terreno, asegurando que el modelo represente adecuadamente el flujo operativo del Programa de Registro Conductual (PRC).
- Documentación formal del modelo de datos y de los lineamientos de gestión de la información, estableciendo criterios de mantenimiento, trazabilidad y escalabilidad.

Fuera del alcance del desarrollo:

- Implementación del front-end móvil y web (A cargo de otro equipo).
- Desarrollo de las API REST para la comunicación (A cargo de otro equipo).
- Desarrollo de dashboards avanzados de Business Intelligence (A cargo de otro equipo).
- Integración con sistemas externos de Indemin (A cargo de otro equipo).
- Evaluación de rendimiento bajo cargas masivas de datos o en entornos de producción, ya que esta etapa corresponde al proceso de implementación futura.
- Incorporación de mecanismos avanzados de seguridad, tales como encriptación, control granular de permisos o autenticación integrada, los cuales dependen de la implementación de la API.
- Automatización de procesos de análisis predictivo mediante inteligencia artificial (Posible mejora a futuro).

1.5 Objetivos Generales y Específicos de la Tesina

1.5.1 Objetivo general.

Diseñar el modelo de datos y el modelo de gestión de la información de la plataforma CoreSafe, estableciendo la estructura necesaria para permitir la centralización, estandarización y adecuada administración de las observaciones del Programa de Registro Conductual (PRC) en Indemin, garantizando la integridad, trazabilidad y disponibilidad de los registros.

1.5.2 Objetivos específicos.

1. Diseñar el modelo conceptual ^[1] entidad-relación del sistema, identificando las entidades, atributos y relaciones clave del PRC para establecer la estructura base de la futura base de datos.
2. Definir e implementar los catálogos maestros ^[2] que estandarizan la información crítica del sistema, asegurando la consistencia, homogeneidad y correcta clasificación de los datos almacenados.



3. Diseñar modelo lógico relacional, aplicando normalización hasta 3FN para asegurar consistencia, evitar redundancia y optimizar la estructura final de la base de datos.
4. Diseñar y construir una vista integrada que consolide la información esencial de cada observación en un único acceso, unificando datos del observador, área, riesgo crítico, turno, faena, actividad y PRC, con el fin de mejorar la eficiencia del sistema, reducir consultas repetitivas y validar la correcta estructura del modelo de datos.
5. Implementar reglas de negocio y restricciones de integridad (PK, FK, unicidad y validaciones) que garanticen la consistencia de los registros en el sistema CoreSafe.
6. Documentar el modelo de datos y los procesos de gestión de información, mediante la elaboración del diccionario de datos y descripciones técnicas incorporadas en la tesina, facilitando el mantenimiento y futura expansión del sistema CoreSafe

1.6 Justificación del proyecto

El presente proyecto se justifica en múltiples dimensiones. Desde el punto de vista técnico, el desarrollo de una base de datos centralizada permite superar las limitaciones propias de los registros manuales, garantizando la integridad, consistencia y disponibilidad de la información. La consolidación de los datos en un almacén estructurado facilita la trazabilidad de las observaciones, mejora la eficiencia en las consultas y asegura la estandarización de los catálogos que respaldan la gestión de los programas de registro conductual.

En términos organizacionales, la solución proporciona a Indemin una herramienta confiable que respalda sus auditorías internas y externas, y le permite disponer de información precisa para la evaluación de tendencias de riesgo. De esta forma, se fortalece la toma de decisiones estratégicas en materia de seguridad y se contribuye al cumplimiento de los estándares normativos establecidos en los entornos industriales y mineros donde opera la empresa.

Desde el enfoque social, el impacto del sistema se refleja en la mejora de la seguridad laboral, ya que disponer de datos confiables posibilita la identificación temprana de conductas riesgosas. En consecuencia, se promueve la reducción de incidentes y se contribuye a mejorar la calidad de vida de los trabajadores, consolidando una cultura organizacional basada en la prevención y el autocuidado.

1.7 Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de esta tesina corresponde a un enfoque ágil basado en Scrum, adaptado al contexto de diseño y gestión de información de una solución de base de datos. Este enfoque permitió organizar el trabajo de manera iterativa e incremental, facilitando la construcción progresiva de los distintos componentes del diseño propuesto para la plataforma CoreSafe.

El proceso se desarrolló en ciclos de trabajo en los cuales se abordaron de forma secuencial actividades de análisis, diseño y validación. En cada iteración se generaron entregables conceptuales y técnicos tales como el modelo conceptual entidad-relación, el modelo lógico relacional, la aplicación del proceso de normalización, la definición de catálogos maestros y la elaboración del diccionario de datos. Estos entregables fueron revisados y refinados de manera continua, incorporando retroalimentación obtenida durante el desarrollo del proyecto.



A diferencia de un desarrollo de software orientado a la implementación de funcionalidades ejecutables, la aplicación de Scrum en esta tesina se enfocó en la validación progresiva del diseño del modelo de datos y de los lineamientos de gestión de la información. Este enfoque permitió asegurar que la estructura propuesta representara adecuadamente el funcionamiento real del Programa de Registro Conductual y que cumpliera con los requerimientos definidos, manteniendo coherencia, integridad y escalabilidad en el modelo final.

La utilización de una metodología ágil facilitó además la adaptación del diseño frente a cambios o ajustes en los requerimientos, permitiendo realizar mejoras tempranas sin afectar la consistencia global del modelo. De esta manera, el enfoque metodológico adoptado contribuyó directamente a la calidad y solidez del diseño presentado como resultado de esta tesina.

1.8 Breve descripción de la organización del informe en capítulos

El presente documento se estructura en seis capítulos.

En el Capítulo 1 se presenta el contexto general del proyecto, el problema abordado, los objetivos generales y específicos, el alcance del trabajo y la metodología utilizada para el desarrollo de la tesina.

El Capítulo 2 describe el marco teórico y conceptual que sustenta el proyecto, abordando los fundamentos relacionados con bases de datos, normalización, gestión de la información y procesos asociados al Programa de Registro Conductual.

En el Capítulo 3 se presentan los requerimientos del sistema, incluyendo el análisis del proceso actual, los actores involucrados y los requerimientos funcionales y no funcionales que guían el diseño de la solución propuesta.

El Capítulo 4 desarrolla el diseño de la solución CoreSafe, profundizando en el modelo conceptual y lógico de la base de datos, el proceso de normalización, la definición de catálogos, el diccionario de datos y la construcción de una consulta integrada para la obtención eficiente de observaciones.

El Capítulo 5 corresponde a la etapa de pruebas y validación, donde se describen las estrategias de prueba aplicadas, los casos de prueba ejecutados y la validación del modelo de datos frente a los requerimientos definidos.

Finalmente, el Capítulo 6 presenta las conclusiones generales del trabajo, las principales limitaciones identificadas y las líneas de trabajo futuro para la evolución de la plataforma CoreSafe.



2 Marco teórico y contextual.

El presente capítulo expone los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan el diseño del modelo de datos y los lineamientos de gestión de la información utilizados en el desarrollo de la plataforma CoreSafe. Se abordan los principios que permiten comprender cómo se estructura, organiza y controla la información dentro del sistema, considerando desde los fundamentos del modelo relacional ^[3] hasta las prácticas necesarias para asegurar la calidad y coherencia de los datos.

En este marco, se presentan conceptos centrales como el modelo entidad-relación (E-R), las formas normales aplicadas en la normalización de datos, y los mecanismos de integridad referencial que permiten mantener la consistencia entre las distintas entidades del sistema. Asimismo, se describe el uso de catálogos maestros, fundamentales para la estandarización de valores dentro del Programa de Registro Conductual (PRC), favoreciendo la homogeneidad y claridad de la información recopilada en terreno.

Adicionalmente, se revisan los fundamentos de la gestión de la información, entendida como el conjunto de prácticas orientadas a garantizar la disponibilidad, exactitud y trazabilidad de los datos. Para ello se consideran lineamientos internacionales como la norma ISO/IEC 25012 ^[4], que define dimensiones de calidad críticas para el manejo de datos en entornos industriales y mineros.

Finalmente, se incorpora una descripción de las tecnologías relacionadas con la manipulación y consulta de datos, destacando el uso de Laravel Query Builder como herramienta para la optimización de consultas SQL y acceso estructurado a la información almacenada. En conjunto, estos elementos conforman el marco teórico y conceptual que fundamenta las decisiones de diseño expuestas en los apartados posteriores de este informe.

2.1 Marco Contextual:

- **Indemin:** Indemin es una empresa dedicada a la logística interna y a la operación industrial en entornos de alta exigencia, especialmente en el sector minero e industrial. En estos contextos, la seguridad laboral constituye un eje fundamental para garantizar la continuidad operativa y la protección de los trabajadores, por lo que la organización mantiene un enfoque preventivo en sus procesos.
- **Programa de Registro Conductual (PRC):** El PRC es una herramienta destinada a observar, documentar y analizar los comportamientos de los trabajadores en terreno, con el propósito de identificar conductas seguras e inseguras, detectar tendencias y anticipar situaciones que puedan derivar en incidentes. Los registros son realizados por observadores capacitados, quienes completan formularios prediseñados según el tipo de faena. La información recopilada es posteriormente utilizada por supervisores y analistas de seguridad para apoyar la toma de decisiones y fortalecer la cultura preventiva dentro de la organización.
- **Análisis del Proceso Actual:** Actualmente, la implementación del PRC en Indemin se realiza mediante formularios en papel, los cuales presentan variaciones según el cliente o la faena donde se aplican. Una vez completados, estos formularios son transcritos manualmente a planillas de Excel para consolidar la información. Este proceso genera duplicidad de esfuerzos, riesgo de errores en la transcripción, pérdida de consistencia entre formularios y dificultades para mantener la trazabilidad de los registros. Además, la ausencia de un repositorio centralizado

limita la capacidad de análisis, dificulta la identificación de patrones conductuales y afecta la disponibilidad oportuna de la información para los equipos de seguridad.

2.2 Marco teórico:

A continuación, se presentan los conceptos y tecnologías fundamentales que sustentan el diseño del modelo de datos y los procesos asociados a la gestión de la información dentro de la plataforma CoreSafe. Estos elementos permiten comprender las bases técnicas sobre las cuales se estructura el sistema y justifican las decisiones adoptadas durante su desarrollo.

- **Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD):** Es un conjunto de herramientas y servicios que permiten almacenar, administrar y recuperar datos de forma estructurada. Su objetivo es garantizar la integridad, seguridad y disponibilidad de la información.

En el contexto de este proyecto, el uso de un SGBD es fundamental para centralizar las observaciones del Programa de Registro Conductual (PRC), asegurar la consistencia y permitir el acceso eficiente a los datos.

- **Modelo Relacional:** El modelo relacional organiza la información en tablas, estableciendo relaciones entre ellas, mediante llaves primarias y llaves foráneas.

Este modelo se utiliza como base para poder representar entidades asociadas al PRC. Su estructura facilita la trazabilidad y mantiene la coherencia de los datos registrados.

- **Normalización de Bases de Datos** ^[5]: La normalización es el proceso destinado a organizar los datos dentro de un modelo relacional con el fin de poder eliminar redundancias y evitar anomalías de actualización, eliminación o inserción.

Las formas normales incluyen:

- 1FN: Eliminación de los valores repetidos o multivaluados.
- 2FN: Separación de dependencias parciales en llaves compuestas.
- 3FN: Eliminación de dependencias transitivas.

La aplicación de estas formas normales permite diseñar un esquema que cumpla con los requerimientos de la empresa, asegurando que esto tenga consistencia estructural y facilitando el posterior análisis de la información.

- **Integridad Referencial:** La integridad referencial corresponde a un conjunto de reglas que aseguran la coherencia entre tablas relacionadas dentro de un modelo relacional. Se implementa mediante el correcto uso de las llaves primarias, llaves foráneas y restricciones que controlan las operaciones de actualización, o eliminación, evitando que existan registros inconsistentes.

Para el uso en CoreSafe, la integridad resulta esencial para mantener la relación correcta entre las observaciones del PRC, los usuarios, los formularios, los catálogos y programas asociados, permitiendo que cada dato conserve su vínculo lógico dentro del sistema.

- **Catálogos Maestros:** Los catálogos corresponden a un conjunto de datos estandarizados que funcionan como referencia para mantener la uniformidad en los valores utilizados dentro de una base de datos.



Su uso es fundamental en CoreSafe, ya que permiten controlar diferentes listas, áreas de trabajo, turnos, etc. Para así poder hacer uso de los datos y poder reducir la variabilidad en cada uno, homogenizar los registros y facilitar el análisis posterior de la información.

2.3 Estado de Arte:

La digitalización de procesos para la prevención de riesgos laborales ha sido abordada en diversas industrias mineras e industriales mediante plataformas móviles y sistemas de gestión centralizada. Estudios recientes destacan que la estandarización de catálogos y la trazabilidad de registros constituyen elementos clave para mejorar la calidad de la información utilizada en la toma de decisiones.

Herramientas como SafetyCulture, Intellex y Cority han implementado enfoques basados en formularios dinámicos y repositorios centralizados, permitiendo capturar observaciones en terreno y analizarlas en tiempo real. Sin embargo, dichas soluciones no contemplan adaptaciones específicas para el Programa de Registro Conductual (PRC), utilizado ampliamente en el sector minero chileno.

A nivel académico, investigaciones sobre normalización, integridad referencial y calidad de datos (ISO/IEC 25012) destacan que los sistemas de seguridad requieren estructuras de datos robustas, capaces de reducir error humano, evitar duplicidad y garantizar la coherencia longitudinal de los registros.

A diferencia de soluciones generalistas, el enfoque de CoreSafe prioriza la estandarización de catálogos y el diseño relacional normalizado orientado específicamente al flujo PRC, permitiendo trazabilidad entre programa, formulario, observación y respuestas. Esto responde a la necesidad de comparabilidad longitudinal y consistencia entre faenas, eje central en los problemas identificados en Indemin.

En este contexto, CoreSafe se posiciona como una solución especializada que adapta buenas prácticas internacionales al flujo operativo del PRC, integrando un modelo de datos normalizado, catálogos maestros y mecanismos de trazabilidad orientados a la realidad de Indemin



3 Metodología y Definición de Requerimientos.

El presente capítulo describe la metodología utilizada para el desarrollo de Base de Datos y Gestión de la Información de la plataforma CoreSafe, así como el proceso para el levantamiento y definición de los requerimientos del sistema. Empezando desde el enfoque metodológico adoptado, basado en prácticas ágiles que permitieron estructurar el trabajo de manera iterativa y alineado a las necesidades. Posteriormente, se detalla el proceso de levantamiento de requerimiento, donde se hizo la revisión del proceso actual y actividades involucradas en un Programa de Registro Conductual (PRC), el análisis de los formularios y las reuniones con el stakeholder. Finalmente, se presentan los requerimientos funcionales y no funcionales, junto con los casos de uso que se usaron para el diseño del modelo de datos.

3.1 Metodología.

El desarrollo del componente de Base de Datos y Gestión de la Información de la plataforma CoreSafe se llevó a cabo utilizando una metodología ágil Scrum. Permitiendo avanzar de manera iterativa, incorporando los requerimientos progresivamente según avanza el análisis del Programa de Registro Conductual (PRC) y de las reuniones con Indemin.

Durante cada sprint de dos semanas, se abordaron las actividades necesarias para el diseño de la base de datos, tales como el levantamiento de requerimientos, identificar entidades, la definición de relaciones, la construcción de los catálogos maestros y la normalización para poder garantizar la consistencia del esquema relacional. Así poder planificar cada ciclo, priorizando las tareas necesarias para el análisis del proceso actual, revisar los formularios, definición de reglas de negocio y ajustar el modelo según el feedback recibido.

Al terminar cada sprint, se realizaban reuniones de revisión con Indemin, en las cuales se presentaban avances, para así poder validar la integridad referencial, la estandarización de catálogos y la justificación de las decisiones tomadas. Estas instancias permitieron alinear el modelo con los requerimientos operacionales, asegurando que la estructura respondiera al flujo real de un PRC, y con ello poder detectar tempranamente inconsistencias en el modelo.

En conjunto, se realizaron sesiones internas para poder verificar la coherencia del diseño, evaluar alternativas y enfoque del modelo. Este trabajo permitió consolidar un modelo de datos alineado a los objetivos de trazabilidad, integridad y disponibilidad establecidos para CoreSafe.

La aplicación de Scrum facilitó la flexibilidad del diseño, que sea un proceso ordenado y permitir construir de manera iterativa, validada y directamente vinculada a las necesidades de los interesados.

3.2 Levantamiento de Requerimientos.

El levantamiento de requerimientos se realizó mediante un proceso iterativo que combinó la revisión del funcionamiento actual del Programa de Registro Conductual (PRC), el análisis de los formularios utilizados en terreno y reuniones con los distintos stakeholders de Indemin. El objetivo de este proceso fue identificar las necesidades informacionales del sistema, definir las entidades fundamentales que interactúan y establecer criterios claros

de estandarización, trazabilidad y control de la información que debía gestionar la base de datos.

En primer lugar, se llevó a cabo un análisis del proceso actual del PRC, el cual considera la observación conductual en terreno, el registro manual en formularios físicos y la posterior transcripción de la información a planillas Excel. Este análisis permitió identificar las principales fuentes de datos, así como las limitaciones del proceso vigente, entre las que destacan la duplicidad de registros, el riesgo de error humano y la ausencia de un repositorio centralizado. A partir de estas observaciones, se definieron los requerimientos necesarios para asegurar la centralización, integridad y disponibilidad de la información dentro de la plataforma CoreSafe.

Run Observador		Fecha de la Actividad		Hora de la Actividad	

Departamento	Cargos Observados
Prevenición de Riesgos	Operador de Bulldozer
Actividad	Operador de Excavadora
Operación	Operador de Compactador
Mantenición	Mecánico
Aseo	Otro:

Faenas	Tareas Observadas
Relleno Sanitario Montenegro	1.- Rutinaria
	2.- No Rutinaria

1.- Actividades Operacionales	
1.1 El operador respeta las velocidades descritas en el Procedimiento de trabajo seguro y las solicitadas por el mandante.	CS CR N/A
BARRERA	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9
1.2 Cuando el operador realiza una comunicaci3n radial, el supervisor o capataz le contesta de forma clara y precisa.	CS CR N/A
BARRERA	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9
1.3 Operador utiliza elementos de protecci3n personal requeridos para la actividad.	CS CR N/A
BARRERA	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9
1.4 Operador utiliza cintur3n de seguridad	CS CR N/A
BARRERA	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9
1.5 Cuando el operador se baja del equipo lo deja frenado.	CS CR N/A
BARRERA	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9

BARRERA DE LA CONDUCTA SEGURA	
No percibe el riesgo	B1
Ahorro de tiempo	B2
No es c3modo	B3
Procedimiento no actualizado/ Sin procedimiento	B4
No se encuentra disponible o no existe	B5
No se recibid3 entrenamiento/instrucci3n/Capacitaci3n	B6
Alta Presi3n de trabajo	B7
Diseño de instalaciones (Layout)	B8
Falta de recursos (Personal y/o Material)	B9

CS: Conducta Segura
CR: Conducta Riesgosa
N/A: No Aplica

Figura 1. Formulario de Registro de Observaciones Conductuales del PRC.
Fuente: Indemin.

Posteriormente, se realiz3 un an3lisis detallado de los formularios utilizados en las distintas faenas donde Indemin presta servicios. Durante esta etapa se identific3 que los formularios contienen dos tipos de informaci3n claramente diferenciados. Por una parte, existen datos que son registrados directamente por el observador en terreno, los cuales se encuentran identificados en color verde en la Figura 1, tales como la fecha y hora de la observaci3n, la tarea observada, la conducta registrada, el n3mero de personas observadas y los riesgos asociados. Por otra parte, se identificaron datos que provienen de la l3nea de mando o del 3mbito administrativo, representados en color rojo en la Figura 1, como la gerencia, la empresa, la faena, el 3rea de trabajo y determinadas configuraciones del programa, los cuales son definidos previamente y no deben ser modificados durante el registro en terreno.

Esta diferenciaci3n permiti3 clasificar los requerimientos seg3n su origen, distinguiendo entre informaci3n operacional capturada en terreno y datos administrativos definidos por la organizaci3n. A partir de esta distinc3n se identificaron los elementos comunes



presentes en todos los formularios, independientemente del cliente o tipo de operación, lo que permitió definir las entidades fundamentales del sistema y establecer qué atributos debían ser gestionados mediante catálogos estandarizados para asegurar consistencia y trazabilidad en el modelo de datos.

Finalmente, se realizaron reuniones con los interesados para validar la interpretación del proceso, clarificar las reglas de negocio y consensuar qué datos resultan obligatorios para el registro de una observación conductual. Estas instancias permitieron identificar información crítica que, si bien no estaba presente en todos los formularios, no puede ser excluida del sistema. Como resultado de este proceso, se obtuvo una definición clara de los requerimientos funcionales y no funcionales asociados a la base de datos, los cuales guiaron el diseño del modelo conceptual y del modelo lógico relacional de la plataforma CoreSafe.

3.3 Requerimientos funcionales

A continuación, se presentan los requerimientos funcionales asociados al diseño y estructuración de la base de datos para la plataforma CoreSafe. Estos requerimientos derivan del análisis del proceso actual del PRC, la revisión de los formularios utilizados y de las reuniones con los stakeholders de Indemin. Cada requerimiento se orienta en poder garantizar la centralización, consistencia y trazabilidad de los registros.

- **RF01 - Almacenamiento de Observaciones:** El sistema debe permitir almacenar de manera segura todas las observaciones realizadas en terreno, incluyendo los datos del observador, la fecha, cantidad de personas, área, riesgo crítico, turno, conductas y barreras a cada pregunta.
- **RF02 - Gestión de Programas de Registro Conductual (PRC):** El sistema debe permitir asociar cada observación a un Programa de Registro Conductual (PRC), y asociar cada observación al conjunto de campos estáticos definidos para dicho programa.
- **RF03 - Estandarización mediante Catálogos Maestros:** El sistema debe utilizar catálogos maestros para estandarizar información clave, tales como faena, compañía, administración, posición, tarea observada, equipo, departamento, actividades.
- **RF04 - Integridad referencial entre entidades:** El sistema debe mantener integridad referencial entre observaciones, formularios, usuarios, catálogos y programas, asegurando que ninguna relación genere registros inconsistentes.
- **RF05 - Registro de Formatos de Formularios:** El sistema debe permitir almacenar distintas plantillas de formularios utilizadas por Indemin, identificando sus secciones y preguntas.
- **RF06 - Consulta integrada para validación del modelo de datos:** El sistema debe permitir la obtención de información consolidada de una observación conductual mediante una consulta integrada, que relacione los datos del observador, el programa PRC y los catálogos asociados, con el fin de validar la coherencia, integridad y eficiencia del modelo de datos propuesto.



3.4 Requerimientos no Funcionales

Los requerimientos no funcionales, buscan las características de calidad que deben cumplirse en la base de datos y el modelo de gestión de la información, para así garantizar un funcionamiento confiable, seguro y eficiente dentro de la plataforma CoreSafe. Estos requisitos aseguran que la información registrada en un Programa de Registro Conductual (PRC) pueda ser administrada, consultada y analizada correctamente, manteniendo sus cualidades como la integridad y disponibilidad.

A continuación, se presentan los requerimientos no funcionales asociados al componente de Base de Datos y Gestión de la Información:

- **RNF01 – Integridad de Datos:** La base de datos debe asegurar que los registros cumplan con reglas de negocio, llaves primarias, llaves foráneas y restricciones, evitando inconsistencias entre entidades relacionadas.
- **RNF02 – Disponibilidad del Sistema de Datos:** La estructura de datos debe permitir un acceso continuo, considerando que la plataforma será utilizada regularmente por los observadores.
- **RNF03 – Escalabilidad del modelo:** El modelo de datos debe permitir la incorporación de nuevas faenas, formularios, programas de registro conductual y catálogos sin requerir cambios estructurales significativos en el esquema existente, manteniendo la compatibilidad con los registros históricos y asegurando la continuidad operativa del sistema a medida que aumenta el volumen de información gestionada.
- **RNF04 – Rendimiento y eficiencia de acceso a datos:** El modelo de datos debe permitir un acceso eficiente a la información mediante una estructura normalizada, el uso de claves primarias y foráneas y la definición de consultas integradas, sin considerar pruebas de carga ni mediciones de desempeño en entornos productivos.
- **RNF05 – Trazabilidad:** El modelo debe permitir rastrear la relación entre cada observación y sus elementos asociados.

4 Diseño de la Solución “CoreSafe”

Este capítulo describe el proceso de diseño del componente Base de Datos y Gestión de la Información dentro de la plataforma CoreSafe. Se detallan las decisiones conceptuales y técnicas que permitieron estructurar el modelo de datos coherente con los requerimientos definidos en etapas anteriores. Asimismo, se explican los mecanismos utilizados para asegurar la integridad, la trazabilidad y estandarización de los registros del Programa de Registro Conductual (PRC).

4.1 Diseño Conceptual del Modelo de Datos.

El diseño conceptual del modelo de datos constituye la base estructural de la solución propuesta para la gestión del Programa de Registro Conductual (PRC) dentro de la plataforma CoreSafe. Con el objetivo de representar, de manera abstracta sin considerar aún aspectos técnicos de implementación, los elementos esenciales del dominio, sus características y la manera en que se relacionan entre sí. Este modelo fue construido la metodología Entidad-Relación permitiendo representar tanto las entidades relevantes del proceso como las interacciones que las conectan.

El modelo conceptual desarrollado resume el funcionamiento completo del PRC, considerando la creación de formularios, la estructura interna de secciones y preguntas, la ejecución de observaciones en terreno, el registro de respuestas, y la identificación de conductas y barreras asociadas. Además, incorpora la vinculación entre los PRC y las faenas, donde se aplican, así como la participación de los usuarios en los distintos roles de creación y ejecución dentro del sistema.

A continuación, se presenta el diagrama elaborado para este proyecto:

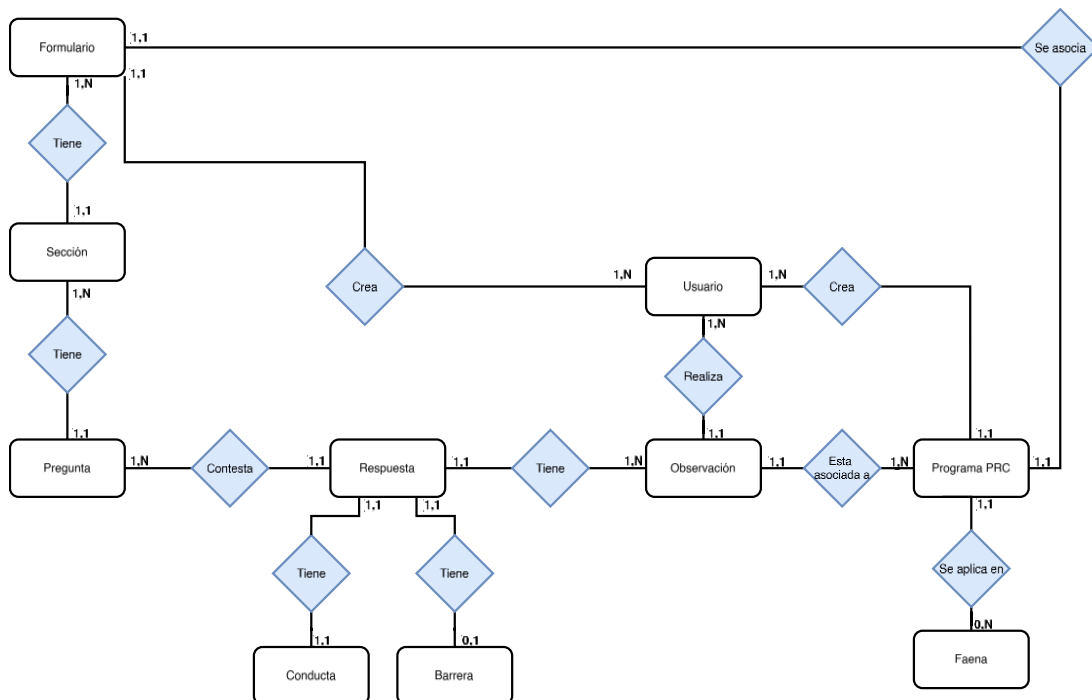


Figura 2. Diagrama Entidad-Relación (DER) del Programa de Registro Conductual (PRC)

Fuente: Elaboración propia.



El modelo conceptual está compuesto por un conjunto de entidades principales que representan los elementos fundamentales del proceso PRC junto con sus relaciones. A continuación, se describen sus componentes más relevantes:

4.2 Entidades principales

- **Usuario:** Representa a los individuos que interactúan con el sistema. Cumple funciones como crear formularios y PRC, así como realizar observaciones en terreno.
- **Observación:** Corresponde al registro efectuado en terreno por un usuario. Cada observación genera un conjunto de respuestas asociadas.
- **Respuesta:** Es el registro puntual de una pregunta contestada. Cada respuesta se vincula a una conducta y de manera opcional a una barrera.
- **Conducta:** Representa la conducta identificada, si está es una conducta segura o insegura, permitiendo clasificar y analizar patrones de conducta.
- **Barrera:** Representa la barrera identificada y las condiciones que influyen en la seguridad del trabajador, permitiendo clasificar y analizar patrones de conducta.
- **PRC:** Estructura que define los parámetros y vigencia del registro conductual dentro de una faena.
- **Faena:** Es el lugar físico donde se ejecuta un PRC y donde se realizan las observaciones.
- **Formulario:** Contiene diferentes secciones y datos capturados en terreno.
- **Sección:** Agrupa preguntas de un mismo ámbito.
- **Pregunta:** Define el ítem específico a responder durante la observación.

4.3 Relaciones del Modelo:

El modelo conceptual presenta relaciones que reflejan el flujo que se ve involucrado:

- **Un usuario crea formularios y PRC:** Permite la trazabilidad administrativa y diferencia entre quienes gestionan el sistema y quienes ejecutan las observaciones, dependiendo del ROL.
- **Un usuario realiza observaciones:** Define la interacción principal del proceso, registra una observación en terreno.
- **Un formulario contiene secciones y cada sección contiene preguntas:** Establece la estructura jerárquica de cómo está compuesto un formulario.
- **Una observación pertenece a un PRC:** Garantiza que los registros se encuentren contextualizados dentro de un proceso formal.
- **Un PRC se aplica en una Faena:** Permite analizar datos por lugar de operación.
- **Una respuesta pertenece a una Pregunta y está asociada a una conducta y opcionalmente a una barrera:** Representa la base de un registro conductual, poder clasificar comportamientos y condiciones de seguridad.



4.4 Cardinalidades del Modelo:

Las cardinalidades definidas en el diagrama aseguran una representación del proceso. Entre los cuales se observan:

- **Formulario – tiene – Sección:** Un formulario posee una o muchas secciones, pero una sección pertenece solo a un formulario.
- **Sección - tiene – Pregunta:** Una sección debe tener una o muchas preguntas, y cada pregunta pertenece solo a una sección.
- **Pregunta – contesta – Respuesta:** Cada pregunta puede ser respondida muchas veces (Cada vez que se realiza una observación), pero cada respuesta pertenece solo a una pregunta.
- **Respuesta – registra - Observación:** Una observación contiene muchas respuestas, y cada respuesta pertenece solo a una observación.
- **Respuesta – tiene - Conducta:** Cada respuesta debe registrar exactamente una conducta, y una conducta puede ser usada por múltiples respuestas.
- **Respuesta – tiene – Barrera:** Una respuesta puede no tener barrera o tener 1 barrera, y una barrera puede aparecer en múltiples respuestas.
- **Usuario – crea – Formulario:** Un usuario puede crear muchos formularios, y cada formulario fue creado por un usuario.
- **Usuario – crea – PRC:** Un usuario puede crear muchos PRC, pero cada PRC tiene un único creador.
- **Usuario – realiza - Observación:** Un usuario puede realizar muchas observaciones, pero cada observación la hace un usuario.
- **Observación - pertenece a – PRC:** Un PRC puede contener muchas observaciones, pero cada observación pertenece a un único PRC.
- **Programa PRC – se aplica en – Faena:** Una faena puede tener muchos PRC, pero un PRC solo se aplica a una faena.
- **Programa PRC - está asociado a – Formulario:** Un PRC usa un formulario y un formulario puede estar asociado a varios PRC.

4.5 Proceso de Normalización de la Base de Datos.

El diseño de la base de datos de la plataforma CoreSafe se desarrolló aplicando los principios de la normalización, con el objetivo de garantizar integridad, coherencia, ausencia de redundancias y un funcionamiento eficiente del sistema.

El proceso consideró explícitamente las 3 primeras Formas normales, que son las más utilizadas y recomendadas en el diseño de sistemas.

A continuación, se detalla qué requisitos se cumplen con cada forma normal y cómo fueron aplicados en el modelo relacional.

4.5.1 Primera Forma Normal (1FN)



La primera forma normal, busca tener una tabla con una clave principal y no tener columnas repetidas. Cada atributo contiene valores atómicos, sin listas, arreglos o valores multivaluados.

Durante el proceso de diseño se detectaron varios elementos que, en una estructura no normalizada, podrían haber sido almacenados como campos múltiples, para cumplir con la 1FN, se realizaron las siguientes acciones:

- Separación de formularios en entidades independientes: forms, form_sections y form_questions eliminan cualquier intento de almacenar múltiples preguntas o secciones en una misma fila.
- Descomposición de respuesta de observación en la tabla record_questions, garantizando un registro por cada pregunta contestada.
- Todos los atributos del modelo son atómicos, donde contienen un valor único indivisible.
- Cada tabla tiene clave primaria definida, ya sea autonumérica o compuesta.

4.5.2 Segunda Forma Normal (2FN)

La Segunda Forma Normal (2FN) establece que una tabla debe cumplir con la Primera Forma Normal y, además, que todos sus atributos no clave dependan completamente de la clave primaria. En particular, la 2FN busca evitar dependencias parciales, las cuales pueden ocurrir cuando se utiliza una clave primaria compuesta y un atributo depende solo de una parte de dicha clave.

En el modelo relacional de CoreSafe, la mayoría de las tablas se definieron con claves primarias simples, lo que reduce naturalmente el riesgo de dependencias parciales. Sin embargo, se identificaron relaciones que podrían haberse implementado mediante claves compuestas, especialmente en relaciones de tipo muchos a muchos.

Un caso representativo es la relación entre usuarios y faenas, modelada mediante la tabla user_worksites. Conceptualmente, esta relación puede representarse con una clave compuesta (id_user, id_worksite), pero se optó por definir una clave primaria independiente (id_user_worksite) y mantener ambas claves foráneas. Esta decisión simplifica la referencia desde otras entidades, mejora la mantenibilidad del modelo y permite incorporar atributos propios de la relación como last_sync_at de manera clara y extensible, manteniendo la dependencia completa respecto de la clave primaria definida.

En consecuencia, el modelo cumple con la Segunda Forma Normal, ya que los atributos no clave dependen completamente de su respectiva clave primaria y no se presentan dependencias parciales.

4.5.3 Tercera Forma Normal (3FN)

La Tercera Forma Normal tiene como objetivo eliminar las dependencias transitivas dentro de una tabla. Esto significa que todos los atributos deben depender directamente de la clave primaria y no de otro atributo que no sea clave. De esta manera se evita que un dato dependa indirectamente de la clave a través de otro campo intermedio.

En el modelo relacional de CoreSafe, la 3FN se aplicó principalmente mediante la separación de los datos operativos y los catálogos estructurales. Por ejemplo, información como área, riesgo crítico, turno, tarea observada, cargo o equipo no se almacena como



texto dentro de la tabla `observations`, sino que se referencia mediante claves foráneas hacia sus respectivas tablas de catálogo. Esto evita dependencias del tipo:

`id_observation` → `id_area` → `nombre_area`

ya que el nombre del área depende de su propia entidad y no directamente de la observación.

Asimismo, para evitar dependencias transitivas dentro de la configuración de los PRC, se creó la tabla `program_static_fields`, que agrupa los datos organizacionales asociados a un programa. Con esta separación, la tabla `program_registers` mantiene únicamente los atributos que dependen directamente de su clave primaria.

También se aplicó la 3FN en la estructura de formularios, separando las entidades `forms`, `form_sections` y `form_questions`. Las preguntas dependen de su sección, y las secciones del formulario, evitando almacenar información jerárquica en una sola tabla.

Finalmente, no se almacenan atributos derivados o calculados dentro de las tablas operativas, evitando redundancias y manteniendo la coherencia del modelo.

En consecuencia, cada tabla contiene únicamente atributos que dependen directamente de su clave primaria, cumpliendo con los principios de la Tercera Forma Normal y garantizando un modelo consistente y estructuralmente sólido.

4.6 Modelo Lógico Relacional

El modelo lógico relacional es la representación estructurada de la información definida en el modelo conceptual, transformada en tablas normalizadas para implementación en un SGBD. Este modelo define claves primarias, foráneas, relaciones entre tablas y la organización lógica de los datos según los procesos de CoreSafe.

La plataforma integra la ejecución de observaciones y la configuración administrativa del PRC, por lo que el modelo se organiza en tres bloques funcionales: (1) Observador, que incluye los registros de observación, (2) Administrador, que gestiona formularios, catálogos y PRC, y (3) Formularios, que permite crear y reutilizar formularios base.

Durante el diseño, se priorizó la escalabilidad y coherencia del sistema. Se separaron los datos operacionales del PRC de los datos estáticos, a través de las tablas `program_registers` y `program_static_fields`, lo que facilita la reutilización de configuraciones sin duplicar información y permite modificaciones sin afectar registros históricos.

La tabla intermedia `user_worksites` gestiona la relación muchos a muchos entre usuarios y faenas, permitiendo además el control de la sincronización de información en escenarios offline.

El uso de catálogos maestros para entidades como áreas, riesgos críticos, turnos y actividades asegura la estandarización de los datos, mejorando la calidad y facilitando el análisis, especialmente en faenas con múltiples equipos.

Estas decisiones de diseño aseguran que el modelo sea flexible, escalable y alineado con los requerimientos operativos del PRC, sentando una base sólida para la implementación de CoreSafe.

La siguiente figura presenta el diagrama relacional que resume la estructura de datos.

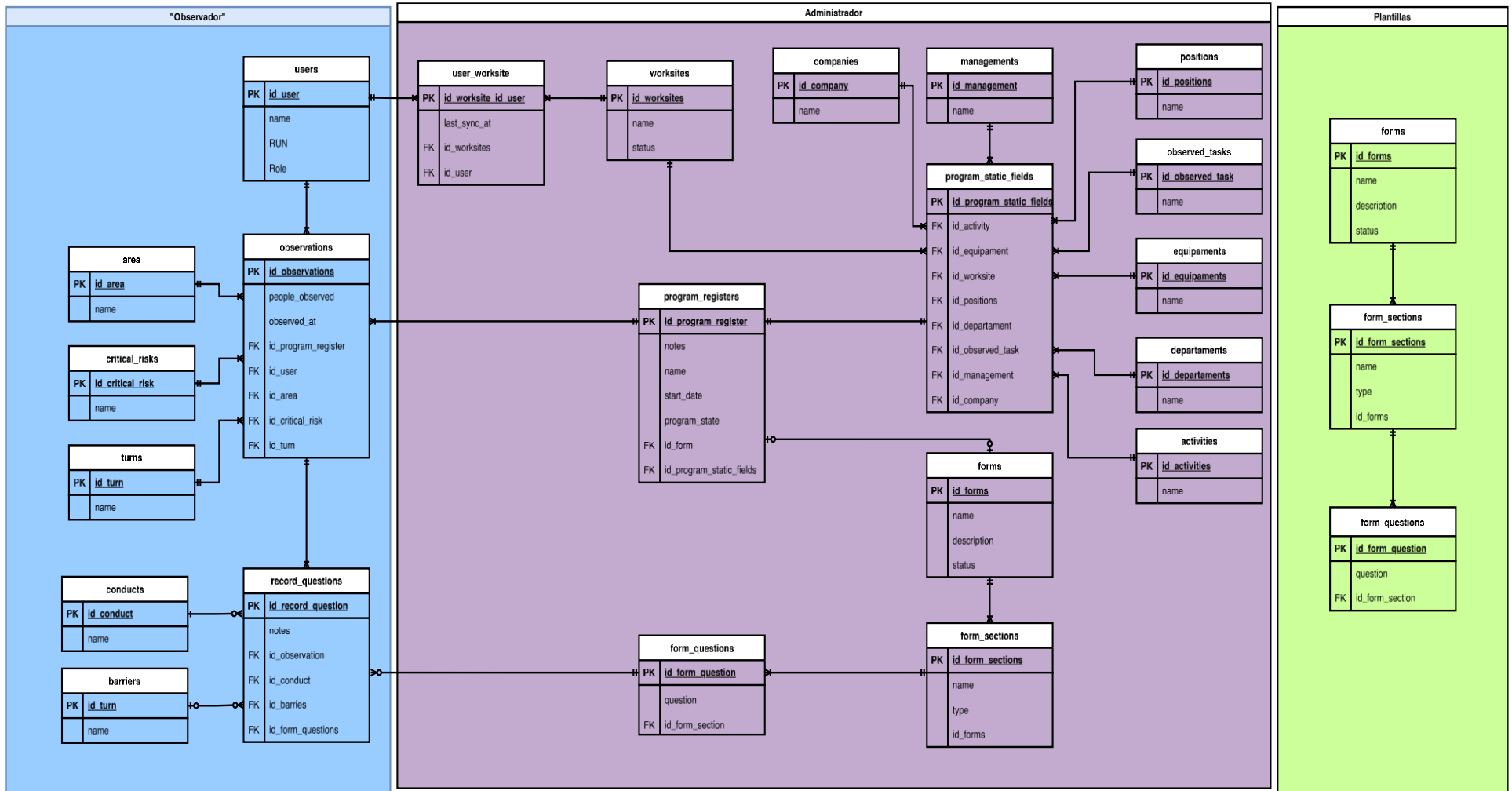


Figura 3. Modelo lógico relacional de la base de datos CoreSafe, organizado por módulos funcionales.

Fuente: Elaboración propia.



- **Módulo “Administrador”**

Este módulo concentra toda la configuración administrativa del sistema, incluyendo los catálogos necesarios para poder definir un PRC, los formularios y los programas PRC que serán aplicados por los observadores.

- **Módulo “Respuesta Observador”**

Este módulo contiene todas las tablas que permiten registrar, relacionar y detallar la información que ingresa el observador en terreno durante la realización de un PRC. Incluye tanto la observación principal como sus respuestas asociadas, así como los catálogos necesarios para poder contextualizar cada registro.

- **Módulo “Plantillas”**

El sistema CoreSafe considera el uso de plantillas de formularios como un mecanismo para definir estructuras base reutilizables en los distintos Programas de Registro Conductual. Estas plantillas están conformadas por las tablas forms, form_sections y form_questions, las cuales almacenan la definición estática del formulario, su estructura y las preguntas asociadas.

La gestión de estas plantillas se realiza desde el módulo Administrador y permite que una misma estructura de formulario sea reutilizada en múltiples PRC, evitando la duplicación de información y facilitando la estandarización del proceso de observación. Al mantenerse separadas de los registros operativos generados en terreno, las plantillas pueden ser modificadas o ampliadas sin afectar los datos históricos, asegurando coherencia, trazabilidad y mantenibilidad del sistema.

4.7 Diccionario de Datos

Tabla 1. Diccionario de datos de la tabla users.

Nombre:	users	
Descripción:	Contiene los datos de los usuarios del sistema (Observadores o administradores)	
Clave Primaria:	id_user	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_user	INT UNSIGNED AUTO	Identificador del usuario. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre del usuario. Cadena de caracteres de longitud mínima 3 caracteres. NOT NULL.
run	CHAR(12)	Cadena de caracteres correspondiente al Número de identificación nacional del usuario. UNIQUE. NOT NULL. Formato: xx.xxx.xxx-x
role	ENUM	Rol de usuario. Valores aceptados: ["OBSERVADOR"; "ADMINISTRADOR"]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Diccionario de datos de la tabla program_registers.

Nombre:	program_registers	
Descripción:	Configura un PRC específico, indicando su formulario asociado y el program_static_field con sus correspondientes catálogos.	
Clave Primaria:	id_program_register	
Claves Foráneas:	id_form → forms id_program_static_field → program_static_fields	
Campo	Tipo	Descripción
id_program_register	INT UNSIGNED AUTO	Identificador del PRC. Valor autoincremental.
id_form	INT UNSIGNED	Formulario asociado. (ver tabla forms)
id_program_static_field	INT UNSIGNED	Configuración estática del PRC. (ver tabla program_static_fields)
name	VARCHAR(255)	Nombre del PRC. NOT NULL
note	TEXT	Notas o descripción. NULL
start_date	DATE	Fecha de inicio. NOT NULL
end_date	DATE	Fecha de término. NOT NULL
status	ENUM	Estado del PRC. Valores aceptados: ["ACTIVO"; "INACTIVO"]. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Diccionario de datos de la tabla forms.

Nombre:	forms	
Descripción:	Definir el formulario base utilizado para recopilar información durante la observación.	
Clave Primaria:	id_form	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_form	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del formulario. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre del formulario. NOT NULL.
description	TEXT	Descripción general del formulario.
status	ENUM	Estado del formulario. Valores aceptados: ["ACTIVO"; "INACTIVO"]. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Diccionario de datos de la tabla program_static_fields.

Nombre:	program_static_fields	
Descripción:	Define el conjunto de catálogos seleccionados para un programa PRC.	
Clave Primaria:	id_program_static_field	
Claves Foráneas:	id_activity → activities id_equipment → equipments id_worksite → worksites id_position → positions id_department → departments id_observed_task → observed_tasks id_management → managements id_company → companies	
Campo	Tipo	Descripción
id_program_static_field	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la configuración estática del PRC.
id_activity	INT UNSIGNED	Actividad asociada. (ver tabla activities)
id_equipment	INT UNSIGNED	Equipo asociado. (ver tabla equipments)
id_worksite	INT UNSIGNED	Faena donde aplica el PRC. (ver tabla worksites)
id_position	INT UNSIGNED	Cargos asociados. (ver tabla positions)
id_department	INT UNSIGNED	Departamento asociado. (ver tabla departments)
id_observed_task	INT UNSIGNED	Tarea observada. (ver tabla observed_tasks)
id_management	INT UNSIGNED	Gerencia asociada. (ver tabla managements)
id_company	INT UNSIGNED	Empresa asociada. (ver tabla companies)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Diccionario de datos de la tabla form_sections.

Nombre:	form_sections	
Descripción:	Dividir el formulario en bloques relacionados.	
Clave Primaria:	id_form_section	
Claves Foráneas:	id_form → forms	
Campo	Tipo	Descripción
id_form_section	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la sección. Valor autoincremental.
id_form	INT UNSIGNED	Formulario al que pertenece la sección. (ver tabla forms)
name	VARCHAR(255)	Nombre de la sección. NOT NULL.
description	TEXT	Descripción opcional de la sección.
type	VARCHAR(50)	Tipo de sección [ej: "GENERAL", "SEGURIDAD", etc.].

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Diccionario de datos de la tabla form_questions

Nombre:	form_questions	
Descripción:	Contener las preguntas que serán respondidas por el observador.	
Clave Primaria:	id_form_question	
Claves Foráneas:	id_form_section → form_sections	
Campo	Tipo	Descripción
id_form_question	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la pregunta. Valor autoincremental.
id_form_section	INT UNSIGNED	Sección a la que pertenece la pregunta. (ver tabla form_sections)
question	TEXT	Enunciado de la pregunta que será respondida por el observador. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Diccionario de datos de la tabla observations.

Nombre:	observations	
Descripción:	Registra cada observación realizada en terreno, asociada a un PRC.	
Clave Primaria:	id_observation	
Claves Foráneas:	id_user → users id_program_register → program_registers id_area → areas id_critical_risk → critical_risks id_turn → turns	
Campo	Tipo	Descripción
id_observation	BIGINT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la observación. Valor autoincremental.
id_user	INT UNSIGNED	Observador que registró la observación. (ver en tabla users)
id_program_register	INT UNSIGNED	PRC asociado. (ver en tabla program_registers)
id_area	INT UNSIGNED	Área donde se realizó la observación. (ver en tabla areas)
id_critical_risk	INT UNSIGNED	Riesgo crítico asociado. (ver en tabla critical_risks)
id_turn	INT UNSIGNED	Turno correspondiente. (ver en tabla turns)
people_observed	TINYINT UNSIGNED	Número de personas observadas en terreno. NOT NULL.
observed_at	DATETIME(0)	Fecha y hora en que se realizó la observación. NOT NULL.
comments	TEXT	Comentarios adicionales.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Diccionario de datos de la tabla record_questions

Nombre:	record_questions	
Descripción:	Registrar la respuesta específica a cada pregunta del formulario aplicado durante la observación.	
Clave Primaria:	id_record_question	
Claves Foráneas:	id_observation → observations id_form_question → form_questions id_conduct → conducts id_barrier → barriers	
Campo	Tipo	Descripción
id_record_question	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del registro de respuesta. Valor autoincremental. Registro único.
id_observation	BIGINT UNSIGNED	Observación asociada (ver en tabla observations)
id_form_question	INT UNSIGNED	Pregunta respondida (ver en tabla form_questions)
id_conduct	INT UNSIGNED	En conductas se definen valores como segura/insegura.
id_barrier	INT UNSIGNED	Barrera asociada, opcional dependiendo si contiene una conducta Insegura (ver en tabla barriers). NULL
notes	TEXT	Observaciones adicionales asociadas a la respuesta.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Diccionario de datos de la tabla user_worksites.

Nombre:	user_worksites	
Descripción:	Asociar qué usuarios están en qué faena.	
Clave Primaria:	id_user_worksite	
Claves Foráneas:	id_user → users id_worksite → worksites	
Campo	Tipo	Descripción
id_user_worksite	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la relación usuario-faena. Valor autoincremental.
id_user	INT UNSIGNED	Usuario asociado (ver en tabla users)
id_worksite	INT UNSIGNED	Faena asociada (ver en tabla worksites)
last_sync_at	DATETIME(0)	Fecha y hora de última sincronización del usuario en la faena. NULL

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Diccionario de datos de la tabla areas.

Nombre:	areas	
Descripción:	Catálogo de áreas operativas de la faena.	
Clave Primaria:	id_area	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_area	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del área. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre del área operativa. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Diccionario de datos de la tabla critical_risks.

Nombre:	critical_risks	
Descripción:	Catálogo de riesgos críticos asociados a la observación.	
Clave Primaria:	id_critical_risk	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_critical_risk	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del riesgo crítico. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre del riesgo crítico. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Diccionario de datos de la tabla turns.

Nombre:	turns	
Descripción:	Catálogo de turno en el cual se realizó la observación.	
Clave Primaria:	id_turn	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_turn	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del turno. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(150)	Nombre del turno. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Diccionario de datos de la tabla conducts.

Nombre:	conducts	
Descripción:	Catálogo de conductas observadas (Conducta segura / Conducta insegura)	
Clave Primaria:	id_conduct	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_conduct	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la conducta. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(150)	Nombre de la conducta. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Diccionario de datos de la tabla barriers.

Nombre:	barriers	
Descripción:	Catálogo de barreras identificadas en una conducta insegura, durante la observación.	
Clave Primaria:	id_barrier	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_barrier	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la barrera. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre de la barrera. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Diccionario de datos de la tabla companies.

Nombre:	companies	
Descripción:	Catálogo de empresas asociadas al PRC.	
Clave Primaria:	id_company	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_company	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la empresa. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre de la empresa. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Diccionario de datos de la tabla managements.

Nombre:	managements	
Descripción:	Catálogo de la gerencia asociada al PRC.	
Clave Primaria:	id_management	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_management	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la gerencia. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre de la gerencia. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Diccionario de datos de la tabla departments.

Nombre:	departments	
Descripción:	Catálogo del departamento asociado al PRC.	
Clave Primaria:	id_department	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_department	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del departamento. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre del departamento. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Diccionario de datos de la tabla positions.

Nombre:	positions	
Descripción:	Catálogo de los cargos asociados al PRC.	
Clave Primaria:	id_position	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_position	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del cargo. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(150)	Nombre del cargo. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Diccionario de datos de la tabla observed_tasks.

Nombre:	observed_tasks	
Descripción:	Catálogo de las tareas observadas relacionadas al PRC.	
Clave Primaria:	id_observed_task	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_observed_task	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la tarea observada. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre de la tarea observada. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Diccionario de datos de la tabla equipments.

Nombre:	equipments	
Descripción:	Catálogo de los equipos utilizados.	
Clave Primaria:	id_equipment	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_equipment	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único del equipo. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre del equipo. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Diccionario de datos de la tabla activities.

Nombre:	activities	
Descripción:	Catálogo de las actividades.	
Clave Primaria:	id_activity	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_activity	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la actividad. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre de la actividad. NOT NULL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Diccionario de datos de la tabla worksites.

Nombre:	worksites	
Descripción:	Catálogo de las faenas.	
Clave Primaria:	id_worksite	
Claves Foráneas:		
Campo	Tipo	Descripción
id_worksite	INT UNSIGNED AUTO	Identificador único de la faena. Valor autoincremental.
name	VARCHAR(255)	Nombre de la faena. NOT NULL.
status	ENUM	Estado de la faena dentro del sistema. Permite habilitar o deshabilitar su uso en nuevos PRC. Valores aceptados: ["ACTIVO", "INACTIVO"] NOT NULL

Fuente: Elaboración propia

4.8 Resultados del Diseño de la Base de Datos

El diseño realizado permitió transformar un proceso manual y no estandarizado en una estructura formal capaz de almacenar, relacionar y asegurar la trazabilidad de toda la información generada en el Programa de Registro Conductual (PRC). Los principales resultados obtenidos a partir del modelamiento conceptual, lógico y de la aplicación de normalización son los siguientes:

- Eliminación de redundancias en los registros: El uso de catálogos maestros para áreas, cargos, actividades, equipos, departamentos y tareas observadas permitió reducir la variabilidad entre faenas y estandarizar los valores utilizados por los observadores. Esto garantiza consistencia en la información almacenada y evita duplicidad.
- Trazabilidad completa entre PRC, observaciones y respuestas: La estructura diseñada permite relacionar de manera directa cada observación con su programa PRC, su formulario asociado, el usuario que la registró y las respuestas a cada pregunta. Esto habilita análisis posteriores y auditoría de los datos.
- Integridad referencial asegurada: La definición de claves primarias, foráneas y reglas de negocio evita la creación de registros huérfanos, asegura relaciones válidas entre entidades y garantiza coherencia en la evolución del sistema.
- Independencia entre datos operativos y configuraciones administrativas: La separación entre program_registers y program_static_fields permitió crear una estructura flexible, donde un PRC puede reutilizar configuraciones sin duplicar catálogos ni afectar la estructura operacional.
- Escalabilidad del modelo: El esquema relacional establecido admite la incorporación de nuevos formularios, catálogos y versiones de PRC sin alterar la estructura existente. Esto facilita su adaptación a nuevas faenas o cambios futuros en los requerimientos de Indemin.



- Optimización del acceso a la información: Se implementó una consulta integrada que consolida datos clave de observador, área, riesgo crítico, turno, faena y PRC, reduciendo la carga operativa y validando la eficiencia del modelo diseñado.

En conjunto, estos resultados confirman que el modelo de datos construido proporciona una base sólida, consistente y preparada para soportar la digitalización completa del PRC mediante la plataforma CoreSafe.

4.9 Consulta integrada de observaciones

Con el fin de validar el diseño del modelo de datos y mejorar la eficiencia en la obtención de información operacional, se desarrolló una consulta SQL que consolida en un único acceso todos los datos necesarios para representar una observación registrada en el Programa de Registro Conductual (PRC). Esta consulta permite unificar información del observador, área, riesgo crítico, turno, PRC, faena y actividad, evitando múltiples accesos a la base de datos y reduciendo la carga operacional del sistema.

La consulta se diseñó utilizando joins explícitos sobre las entidades principales, de manera coherente con la estructura del modelo relacional. Este enfoque permite demostrar que el modelo es capaz de representar correctamente el flujo de trabajo del PRC y responder eficientemente a requerimientos de análisis y visualización.

La definición de la vista se muestra a continuación:

Código 1. Definición de vista integrada para consolidación de observaciones PRC.

```
CREATE OR REPLACE VIEW view_observation_summary AS
SELECT
  o.id_observation,
  o.observed_at,
  o.people_observed,
  o.comments,

  u.id_user,
  u.name AS user_name,
  u.run AS user_run,
  u.role AS user_role,

  pr.id_program_register,
  pr.name AS program_name,
  pr.status AS program_status,

  f.id_form,
  f.name AS form_name,
  f.status AS form_status,

  a.id_area,
  a.name AS area_name,

  cr.id_critical_risk,
  cr.name AS critical_risk_name,

  t.id_turn,
  t.name AS turn_name,

  comp.id_company,
  comp.name AS company_name,
```



```
m.id_management,  
m.name AS management_name,  
  
d.id_department,  
d.name AS department_name,  
  
p.id_position,  
p.name AS position_name,  
  
ot.id_observed_task,  
ot.name AS observed_task_name,  
  
eq.id_equipment,  
eq.name AS equipment_name,  
  
act.id_activity,  
act.name AS activity_name,  
  
w.id_worksite,  
w.name AS worksite_name,  
w.status AS worksite_status,  
  
-- Agrupación de respuestas  
JSON_ARRAYAGG(  
  JSON_OBJECT(  
    'id_record_question', rq.id_record_question,  
    'question', fq.question,  
    'conduct', c.name,  
    'barrier', b.name,  
    'notes', rq.notes  
  )  
) AS answers  
  
FROM observations o  
  
JOIN users u  
  ON u.id_user = o.id_user  
  
JOIN program_registers pr  
  ON pr.id_program_register = o.id_program_register  
  
JOIN forms f  
  ON f.id_form = pr.id_form  
  
JOIN program_static_fields psf  
  ON psf.id_program_static_field = pr.id_program_static_field  
  
LEFT JOIN areas a  
  ON a.id_area = o.id_area  
  
LEFT JOIN critical_risks cr  
  ON cr.id_critical_risk = o.id_critical_risk  
  
LEFT JOIN turns t  
  ON t.id_turn = o.id_turn  
  
LEFT JOIN record_questions rq  
  ON rq.id_observation = o.id_observation  
  
LEFT JOIN form_questions fq
```



```
ON fq.id_form_question = rq.id_form_question

LEFT JOIN conducts c
  ON c.id_conduct = rq.id_conduct

LEFT JOIN barriers b
  ON b.id_barrier = rq.id_barrier

LEFT JOIN companies comp
  ON comp.id_company = psf.id_company

LEFT JOIN managements m
  ON m.id_management = psf.id_management

LEFT JOIN departments d
  ON d.id_department = psf.id_department

LEFT JOIN positions p
  ON p.id_position = psf.id_position

LEFT JOIN observed_tasks ot
  ON ot.id_observed_task = psf.id_observed_task

LEFT JOIN equipments eq
  ON eq.id_equipment = psf.id_equipment

LEFT JOIN activities act
  ON act.id_activity = psf.id_activity

LEFT JOIN worksites w
  ON w.id_worksite = psf.id_worksite

GROUP BY
  o.id_observation;
```

Fuente: Elaboración propia.

Esta vista permite obtener la información completa de cada observación en un solo acceso, lo que facilita su uso en dashboards, reportes ejecutivos, sincronización móvil y consultas internas de la organización. Además, su construcción demuestra la coherencia del modelo relacional y su capacidad para integrar múltiples entidades del proceso PRC sin generar redundancias ni inconsistencias.

Durante las pruebas realizadas, esta vista permitió validar la correcta vinculación entre observaciones, usuarios, áreas, riesgos críticos, turnos y configuración del PRC, confirmando que el modelo de datos refleja fielmente el proceso operativo en terreno.

En síntesis, el diseño presentado en este capítulo establece una estructura de datos coherente, normalizada y alineada con el funcionamiento real del Programa de Registro Conductual. El modelo conceptual y lógico desarrollado permite representar adecuadamente las entidades, relaciones y flujos de información involucrados en el proceso, asegurando integridad referencial, estandarización mediante catálogos y trazabilidad de los registros. Asimismo, la definición de una consulta integrada demuestra que el modelo soporta de manera eficiente la obtención de información consolidada, sentando las bases para su posterior validación y para la implementación de las aplicaciones que conformarán la plataforma CoreSafe.

5 Pruebas y Validación

Este capítulo describe las actividades de pruebas y validación realizadas sobre el modelo de datos y los componentes de gestión de la información propuestos para la plataforma CoreSafe. El objetivo de estas pruebas es verificar que la solución diseñada cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos, asegurando la coherencia del modelo relacional, la integridad de los datos y la correcta representación del proceso del Programa de Registro Conductual.

5.1 Estrategia de Pruebas

La estrategia de pruebas aplicada en esta tesina se centró en evaluar la coherencia, integridad y capacidad operativa del modelo de datos diseñado para la plataforma CoreSafe. Dado que el alcance del trabajo corresponde al diseño del modelo de datos y no a la implementación completa del sistema, las pruebas se orientaron a validar la correcta representación del proceso PRC, la consistencia de las relaciones entre entidades, el desempeño de consultas críticas y la interpretación del modelo por parte de usuarios reales durante pruebas en terreno.

Las pruebas realizadas se clasifican en las siguientes categorías:

- Pruebas de consistencia y validación estructural: Evaluación de claves primarias, foráneas, restricciones y reglas de negocio aplicadas en el modelo relacional.
- Pruebas de integridad referencial: Verificación del comportamiento de relaciones entre tablas y prevención de registros huérfanos o inconsistentes.
- Pruebas de consulta y desempeño básico: Evaluación de la vista integrada que consolida información de observaciones y validando que la estructura relacional soporta consultas complejas de manera eficiente.
- Pruebas funcionales conceptuales con usuarios reales: Realizadas junto a observadores y supervisores de Indemin, orientadas a confirmar que el modelo representa adecuadamente el flujo operativo del PRC, la estructura de los formularios y las relaciones entre entidades.

5.2 Casos de Prueba

A continuación, se presentan casos de prueba representativos del proceso de validación del modelo de datos.

Tabla 23. Casos de Prueba.

Código	Descripción del Caso	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
CP-001	Registrar una observación con información completa y asociarla a un PRC activo	La observación queda correctamente asociada y todas sus relaciones son válidas	Cumplido
CP-002	Generar la vista integrada de observación unificando datos del PRC, área, riesgo crítico, turno, faena y usuario	La vista retorna todos los campos consolidados en un solo acceso	Cumplido

CP-003	Registrar respuestas en <i>record_questions</i> verificando integridad entre pregunta, conducta y barrera	No existen registros huérfanos ni inconsistentes	Cumplido
CP-004	Intentar registrar una observación con un PRC inactivo o inexistente	El sistema debe impedir la operación (validación conceptual)	Cumplido
CP-005	Validación en terreno: observadores revisan si el modelo representa correctamente el flujo real del PRC	Aprobación de usuarios; estructura coherente	Cumplido

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Resultados de Pruebas

Los resultados obtenidos permiten concluir que el modelo de datos diseñado:

- Representa correctamente el flujo operativo del PRC.
- Mantiene integridad referencial en todas sus relaciones.
- Evita duplicidad y registros inconsistentes gracias a los catálogos maestros.
- Soporta consultas complejas mediante una vista integrada que consolida información en un solo acceso.
- Fue validado por usuarios reales en terreno, quienes confirmaron que la estructura del formulario, observación, preguntas y conductas corresponde al proceso real.
- Mostró un desempeño adecuado en entornos de prueba, sin problemas de tiempos de respuesta en consultas individuales.

Se identificaron únicamente ajustes menores en la denominación de algunos catálogos y atributos, los cuales fueron corregidos durante la revisión conjunta con Indemin.

5.4 Validación frente a Requerimientos

Al comparar los resultados con los requisitos establecidos en el Capítulo 3, se concluye lo siguiente:

- El modelo cumple con los requerimientos funcionales relacionados con la gestión de observaciones, preguntas, respuestas y catálogos del PRC.
- Se cumple el requerimiento de trazabilidad gracias a la estructura jerárquica PRC → Formulario → Secciones → Preguntas → Observación → Respuestas.
- Se cumple el requerimiento de estandarización mediante catálogos maestros.
- Se satisface el requerimiento de consulta eficiente mediante la vista integrada diseñada.
- Se cumplió el requerimiento de representar fielmente el PRC actual, validado por usuarios en terreno.
- Los requerimientos de sincronización, interfaz móvil y visualización web quedan fuera del alcance, por depender de otros equipos de desarrollo.



5.5 Pruebas de Aceptación

Durante pruebas en terreno realizadas junto a observadores de Indemin, se revisó la estructura del modelo y se verificó que:

- Las entidades representan adecuadamente los pasos reales del PRC.
- Las categorías y catálogos coinciden con el trabajo diario en faena.
- Las relaciones entre observación, preguntas, conductas y barreras son consistentes.

6 Conclusiones y Trabajo a Futuro

En este capítulo se presentan las conclusiones generales del trabajo realizado, sintetizando los principales resultados obtenidos a partir del diseño del modelo de datos y de la gestión de la información para la plataforma CoreSafe. Asimismo, se analiza el grado de cumplimiento de los objetivos planteados y se identifican oportunidades de mejora y líneas de trabajo futuro que permitan extender y fortalecer la solución propuesta en etapas posteriores de implementación.

6.1 Conclusiones Generales

El desarrollo del componente de Base de Datos y Gestión de la Información para la plataforma CoreSafe permitió abordar de manera estructurada los principales problemas detectados en el Programa de Registro Conductual (PRC) de Indemin, los cuales se encontraban asociados a la falta de estandarización, la duplicidad de información, la ausencia de trazabilidad y las limitaciones propias del uso de formularios físicos.

La construcción del modelo conceptual, seguida por su transformación en un modelo lógico normalizado, permitió definir una arquitectura de datos coherente, escalable y alineada con los requerimientos reales del PRC. El uso de catálogos maestros, las reglas de integridad referencial y la eliminación de redundancias mediante la aplicación de las tres primeras formas normales contribuyeron a asegurar la consistencia interna del sistema y la claridad en la relación entre entidades clave, tales como observaciones, formularios, conductas, barreras y programas PRC.

Asimismo, el proceso iterativo realizado junto a Indemin mediante una metodología ágil facilitó un alineamiento constante entre el diseño técnico y las necesidades operativas del proceso en terreno, garantizando que la estructura final representara fielmente el flujo real del PRC. Esto permitió identificar y resolver tempranamente inconsistencias presentes en los formularios físicos, unificando criterios y estandarizando la información utilizada en cada faena.

El diseño resultante establece una base sólida para la futura implementación de la plataforma CoreSafe, permitiendo la digitalización completa del PRC y habilitando a la organización para acceder a datos confiables, comparables y trazables. Además, establece las bases para el desarrollo de análisis avanzados, generación de reportes automáticos y mejoras significativas en la toma de decisiones preventivas dentro de Indemin.



6.2 Cumplimiento de Objetivos

El análisis del trabajo realizado permite concluir que todos los objetivos planteados al inicio de la tesina fueron cumplidos de manera satisfactoria. En primer lugar, se desarrolló un modelo conceptual entidad-relación que representó adecuadamente el funcionamiento del Programa de Registro Conductual (PRC), integrando las entidades centrales del proceso tales como usuarios, formularios, programas PRC, observaciones, respuestas y catálogos maestros. Este modelo fue fundamental para capturar el flujo real del proceso y establecer una base sólida para las etapas posteriores del diseño.

A partir de este modelamiento inicial, se avanzó en la definición de catálogos maestros que permitieron estandarizar información crítica utilizada por Indemin en sus diferentes faenas. La creación de catálogos como áreas, riesgos críticos, actividades, cargos, departamentos, equipos, tareas observadas y faenas contribuyó directamente a eliminar la variabilidad presente en los formularios físicos originales, asegurando uniformidad y consistencia en los datos registrados.

Una vez establecida la estructura conceptual, se desarrolló el modelo lógico relacional, el cual fue normalizado hasta Tercera Forma Normal. Este proceso permitió remover redundancias, dependencias parciales y dependencias transitivas, logrando una estructura ordenada, escalable y alineada con buenas prácticas de ingeniería de datos.

De manera complementaria, se implementó y optimizó una consulta SQL que permite consolidar la información relevante de una observación en un solo acceso, integrando datos de usuarios, áreas, riesgos críticos, turnos, actividades y PRC.

Asimismo, se incorporaron reglas de negocio y restricciones de integridad referencial que aseguran la consistencia interna del modelo, evitando registros huérfanos y garantizando relaciones válidas entre entidades. El uso de claves primarias y foráneas, junto con restricciones de unicidad y el diseño de catálogos separados, permite mantener un control preciso sobre los dominios de datos y fortalecer la calidad del sistema.

Finalmente, se elaboró un diccionario de datos completo que documenta la estructura del modelo relacional, sus atributos, tipos de datos y restricciones.

En conjunto, todos estos elementos demuestran que la solución propuesta logró cumplir integralmente los objetivos planteados, generando un modelo de datos coherente, estandarizado y preparado para soportar la transformación digital del Programa de Registro Conductual en Indemin.

6.3 Principales Aportes del Proyecto

El desarrollo del componente de Base de Datos y Gestión de la Información para la plataforma CoreSafe representa un aporte significativo tanto para la digitalización del Programa de Registro Conductual (PRC) como para la organización Indemin. El primer aporte relevante es la construcción de un modelo de datos coherente, estructurado y normalizado, capaz de reemplazar el conjunto de formularios físicos y planillas Excel que históricamente dificultaban la trazabilidad y estandarización del proceso. Esta nueva estructura permite contar con un repositorio único que organiza la información de manera consistente y facilita su consulta.



Otro aporte fundamental es la definición de catálogos maestros que unifican criterios entre distintas faenas y clientes, eliminando la variabilidad presente en los formularios originales. Esta estandarización no solo fortalece la calidad del dato, sino que también mejora la comparabilidad entre registros y posibilita análisis transversales.

A nivel técnico, el proyecto entrega un modelo escalable, preparado para sostener el crecimiento futuro de la plataforma, integrando sin dificultades nuevos formularios, versiones de PRC o ampliaciones en los catálogos organizacionales. La aplicación rigurosa de reglas de integridad referencial, junto con la normalización a Tercera Forma Normal, asegura que la base de datos pueda sostener cargas de información crecientes sin comprometer la consistencia estructural.

Asimismo, la creación de una consulta optimizada que integra información clave de observaciones, usuarios, áreas, riesgos críticos y programas PRC constituye un aporte directo al rendimiento de la futura aplicación web y móvil, reduciendo la cantidad de operaciones necesarias para obtener información consolidada y mejorando la experiencia de usuario.

Finalmente, el proyecto contribuye de manera significativa a la gestión interna de Indemin, dado que establece las bases para la automatización de reportes, el seguimiento de tendencias conductuales y la toma de decisiones informada en materia de seguridad operacional. CoreSafe se proyecta no solo como una herramienta digital, sino como un mecanismo que fortalece la cultura preventiva a la disponibilidad de información confiable, estandarizada y trazable.

6.4 Limitaciones del Proyecto

El alcance de esta tesina se centra en el diseño del modelo de datos y en la gestión de la información para la plataforma CoreSafe, por lo que existen limitaciones propias del enfoque adoptado. Si bien se realizaron instancias de validación en terreno con usuarios reales, estas se orientaron a verificar la correcta representación del flujo del Programa de Registro Conductual y la coherencia del modelo propuesto, no contemplando una evaluación de desempeño del sistema en un entorno productivo ni pruebas de carga a gran escala.

Asimismo, las validaciones realizadas corresponden a una etapa inicial de aceptación conceptual del modelo. Aspectos como pruebas de rendimiento bajo alto volumen de datos, auditorías de seguridad y monitoreo en producción quedan fuera del alcance de esta tesina y se proyectan como etapas futuras del desarrollo de CoreSafe.

Aspectos vinculados a la seguridad de la información, como encriptación, definición de permisos avanzados por rol o manejo de datos sensibles, no fueron abordados en esta etapa, ya que forman parte de la implementación de la API y de la lógica de negocio de la plataforma.

En conjunto, estas limitaciones no afectan la validez del diseño presentado, pero sí evidencian áreas que requieren desarrollo complementario para asegurar la completa operatividad, seguridad y escalabilidad del sistema CoreSafe una vez implementado.



6.5 Trabajo Futuro

A partir del diseño realizado, se identifican diversas líneas de trabajo futuro que permitirán fortalecer y ampliar la plataforma CoreSafe dentro de Indemin. Una de las áreas prioritarias de trabajo relevante consiste en el desarrollo de mecanismos de control de calidad de datos, tales como validaciones adicionales, auditorías automáticas y paneles que permitan monitorear la completitud, consistencia y oportunidad de la información registrada. Estas herramientas contribuirían a reforzar la confiabilidad del sistema y apoyarían de manera más efectiva las labores de supervisión y análisis.

Asimismo, la integración de CoreSafe con otros sistemas internos de Indemin como plataformas de capacitación, que permitiría consolidar en un solo ecosistema la información relacionada a seguridad y desempeño, potenciando la trazabilidad transversal y evitando duplicidad de información.

Finalmente, será importante incorporar mejoras continuas en la seguridad del sistema, tales como controles de acceso más específicos, cifrado de datos sensibles y monitoreo de actividad. Estas funcionalidades complementarán la arquitectura general y permitirán asegurar el cumplimiento de estándares organizacionales en materia de protección de la información.

En conjunto, estas líneas de desarrollo futuro permitirán que CoreSafe evolucione desde un modelo de datos robusto hacia una plataforma integral de gestión operacional, fortaleciendo la toma de decisiones preventivas y contribuyendo al mejoramiento continuo de los procesos de seguridad en Indemin.

7 Referencias

- [1] Quest Software, Modelo conceptual de datos, disponible en:
<https://www.quest.com/mx-es/solutions/data-modeling/conceptual.aspx>
- [2] Alation, Data Catalog and Master Data Management, disponible en:
<https://www.alation.com/blog/data-catalog-and-master-data-management/>
- [3] IBM, Modelo de datos relacional, disponible en:
<https://www.ibm.com/docs/es/openpages/9.0.0?topic=models-relational-data-model>
- [4] ISO/IEC, ISO/IEC 25012:2008 - Modelo de calidad de datos, disponible en:
<https://www.iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25012>
- [5] Paraneda García, Normalización de bases de datos, disponible en:
<https://bookdown.org/paraneda/paraneda/database/normalizacion.html>