



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDISEÑO DEL PROCESO DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA EN EMPRESA PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA
DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

IGNACIO HUMBERTO BRICEÑO VILLEGAS

PROFESOR GUÍA:
JUAN VELÁSQUEZ SILVA

PROFESORA CO-GUÍA:
MACARENA OSORIO ARÉVALO

COMISIÓN:
ROCÍO RUIZ MORENO

SANTIAGO DE CHILE

2023

RESUMEN EJECUTIVO

Compañía Industrial El Volcán S.A., es una firma líder en soluciones constructivas en Sudamérica, con más de 100 años de antigüedad y con plantas productivas en más de 4 países de la región. Actualmente, tiene por objetivos estratégicos crecer rentablemente, mantener una excelencia operacional y mejorar su gestión digital, entre otros.

El presente proyecto tiene el objetivo general de rediseñar el proceso de gestión de la demanda de productos en Volcán, dado que se identificó un problema de ventas perdidas por un total de aproximadamente 2.000 millones de pesos entre 2018 y 2020. Las principales causas de este problema fueron la falta de consistencia en los datos, métodos obsoletos para predecir demanda y falta de incentivos para trabajar coordinadamente entre áreas.

La metodología utilizada en este proyecto integró técnicas de ingeniería de negocios y de análisis de datos con enfoque en la aplicación de tecnologías de la información, todo esto sujeto en un proceso de cambio. Para ello, se ahondó en la metodología CRISP-DM, fundamentos teóricos de series de tiempo y arquitecturas tecnológicas que permitan automatizar proceso, con el fin de demostrar la hipótesis de que con esta forma es posible mejorar el proceso de gestión de demanda y reducir las ventas perdidas.

A modo de guía, se elaboró una investigación acerca de soluciones empleadas en el mercado para este tipo de problemas, encontrando utilización de softwares tipo CRM, modelos predictivos, manejo de inventario en tiempo real y reportería BI.

Tomando esto como inspiración, el proyecto incorporó un modelo de predicción de ventas, complementado con una herramienta visual de tipo BI, que sumados, facilitan y simplifican la toma de decisiones basadas en datos. Además, sumó la creación de una arquitectura de datos en la nube, usando como proveedor softwares de Microsoft Azure, lo que facilitó el análisis de los datos y la realización de cualquier desarrollo con características o flujos similares. A pesar de los desafíos iniciales, como el uso de una tecnología nueva y compleja, la implementación de la herramienta facilitó la interpretación de los resultados y ayudó a mejorar el proceso de toma de decisiones respecto a la gestión de la demanda.

El proyecto se implementó en Volcán, escapándose de los alcances definidos en el programa de estudios y en el propio proyecto de tesis. Y en ese contexto, esta implementación resultó en resultados satisfactorios, provocando la extensión del proyecto en tres ocasiones y recibiendo elogios por parte de la empresa contratista.

Por otro lado, se identificó una serie de áreas para futuros trabajos, entre ellos, desarrollar una cultura digital más sólida, integrar más fuentes de datos de otros sistemas, mantener y actualizar el modelo predictivo y explorar el impacto de factores potenciales en este modelo u otros.

El proyecto, a pesar de las limitaciones tecnológicas y los desafíos inesperados, demostró ser un paso significativo hacia la mejora de los procesos y el aumento de las ventas e ingresos de la compañía. En resumen, este proyecto subraya el poder de combinar la tecnología con el análisis de procesos de negocio y sugiere que hay un beneficio potencial significativo en continuar desarrollando y aplicando este enfoque en el futuro en esta o cualquier organización.

AGRADECIMIENTOS

*Hay días donde los recuerdos transitan por mi presente y me detengo a saludar.
Ahí está mi madre a las 1:00 pm todos los días en el colegio llevándome comida para que
no tuviera hambre y pudiera estudiar.*

Siempre puntual.

*Puntual también cuando debía ir a dejarme y buscarme al preuniversitario cuando
solo éramos los dos.*

Por ser ese lugar donde siempre sané mis heridas.

*Ahí está mi padre, a mis 5 años, enseñándome a armar un computador,
inculcando desde pequeño que a pesar de lo difíciles que se pongan las cosas,
si las hacemos con un propósito,
jamás debemos rendir.*

*A mis hermanos Rodrigo y Guillermo, que, con su voluntad de oro y pasión,
me cuidaron y me protegieron cada vez que tuvieron la oportunidad.*

*He reído mucho con ustedes y más que hermanos,
han sido los amigos más leales que he tenido en toda mi vida.*

Sepan todos ustedes que jamás caminé solo.

Porque esto es tan de ustedes como mío.

Por acompañarme en las buenas, en las malas y en las peores.

De todo corazón y con toda la honestidad del mundo, muchas gracias.

*A cada persona que conocí y que me brindó su afecto sincero a lo largo de este proceso,
sepa que la recuerdo y que en mí siempre encontrará una sonrisa cuando la necesite.*

Pueden contar conmigo y agradezco haberlos sentido cerca.

*A las personas que me miran de lejos, y a las que me miran del cielo,
siempre habrá un espacio reservado para ustedes. Les dedico un recuerdo con ternura.*

*Ahí queda un niño tímido e inseguro,
un adolescente terco y obstinado,*

y un joven adulto aprendiendo a ser mejor persona.

*Sé que todos ustedes están orgullosos de este momento,
y les agradezco la valentía con la que atravesaron cada etapa que les tocó.*

Este es nuestro recuerdo y lo dejamos escrito para siempre.

*A ver si algún día transita en nuestro presente,
y nos detenemos a saludar.*

*A ti mi guatón hermoso, que me dejaste tan cerca de cerrar este proceso:
descansa en paz amigo mío, la certeza de que llegará el día en que nos volvamos a
abrazar, y que será para siempre, me alivia el dolor que siento cada vez que te recuerdo.
Un beso al cielo.*

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	- 1 -
1.1. LA EMPRESA Y SU CONTEXTO	- 1 -
1.2. PROBLEMA IDENTIFICADO	- 4 -
1.3. OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....	- 5 -
1.4. ALCANCES Y RIESGOS	- 7 -
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	- 9 -
2.1. INGENIERÍA DE NEGOCIOS.....	- 9 -
2.2. CRISP-DM.....	- 12 -
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	- 16 -
3.1. POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO	- 16 -
3.2. MODELO DE NEGOCIO	- 19 -
3.3. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL.....	- 21 -
3.4. CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	- 27 -
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS	- 31 -
4.1. DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE.....	- 31 -
4.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	- 35 -
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	- 38 -
5.1. ARQUITECTURA TECNOLÓGICA.....	- 38 -
5.2. PROTOTIPO FUNCIONAL.....	- 40 -
5.3. VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS	- 52 -
5.4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	- 57 -
CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN DEL PROYECTO	- 59 -
6.1. EVALUACIÓN TÉCNICA	- 59 -
6.2. EVALUACIÓN ORGANIZACIONAL	- 60 -
6.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA	- 61 -
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	- 65 -
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA	- 69 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Análisis FODA de Volcán (elaboración propia).....	- 17 -
Figura 2: Modelo Delta de Hax de Volcán (elaboración propia).....	- 19 -
Figura 3: Modelo Canvas de Volcán (elaboración propia).....	- 20 -
Figura 4: Árbol de causas (elaboración propia).	- 22 -
Figura 5: APQC – Procesos de primer nivel (elaboración propia).....	- 23 -
Figura 6: APQC – Procesos de segundo nivel (elaboración propia).	- 24 -
Figura 7: APQC – Procesos de tercer nivel (elaboración propia).	- 24 -
Figura 8: Proceso de estimación de ventas mensuales AS IS (elaboración propia). - 25 -	
Figura 9: Pedidos pendientes por tipo de cliente (elaboración propia).....	- 28 -
Figura 10: Pedidos pendientes en área Retail (elaboración propia).....	- 28 -
Figura 11: Serie temporal de pedidos pendientes 2020 – 2021 (elaboración propia).	- 29 -
Figura 12: Notas de crédito por segmento cliente (elaboración propia).	- 29 -
Figura 13: Top 5 motivos de Notas de Crédito 2020 (elaboración propia).	- 30 -
Figura 14: Proceso de estimación de ventas mensuales TO BE (elaboración propia).....	- 35 -
Figura 15: Diagrama de Arquitectura TI (elaboración propia).....	- 39 -
Figura 16: Venta anual de Volcán (elaboración propia).	- 42 -
Figura 17: Venta mensual de Volcán entre 2018 y 2021 (elaboración propia)..	- 43 -
Figura 18: Venta mensual superpuesta de Volcán entre 2018 y 2021 (elaboración propia).....	- 43 -
Figura 19: Distribución de ventas según grupo de clientes para 2021 (elaboración propia).....	- 44 -
Figura 20: Distribución de ventas según los principales grupos entre 2018 y 2021 (elaboración propia).....	- 44 -
Figura 21: Distribución de ventas según los principales grupos entre 2018 y 2021 (elaboración propia).....	- 45 -

Figura 22: Distribución de ventas según familias de productos 2021 (elaboración propia).....	- 45 -
Figura 23: Venta mensual para las 3 familias principales de Volcán entre 2018 y 2021 (elaboración propia).....	- 46 -
Figura 24: Productos con al menos un 1% de venta en 2021 (elaboración propia)..-	46 -
Figura 25: Detalle de la venta para VOLCANITA ST BR 10 x 1.2 x 2.4 en 2021 (elaboración propia).....	- 47 -
Figura 26: Venta total por cliente en 2021 (elaboración propia).	- 47 -
Figura 27: Error del modelo según distintas granularidades (elaboración propia).-	50 -
Figura 28: Predicción a 6 y 3 meses para dos subfamilias (elaboración propia). -	51 -
Figura 29: Error del modelo según horizonte de tiempo de 3 y 6 meses (elaboración propia).....	- 52 -
Figura 30: Error de predicción de modelo (elaboración propia).	- 53 -
Figura 31: Sectores con error más alto de predicción de modelo (elaboración propia).....	- 53 -
Figura 32: Sectores con error más alto de predicción de modelo (elaboración propia).....	- 54 -
Figura 33: Tabla descriptiva de diferencias entre venta y predicción por sector y grupo de cliente (elaboración propia).	- 54 -
Figura 34: Gráfico de diferencias entre ventas y predicción por sector (elaboración propia).....	- 55 -
Figura 35: Gráfico y tabla de diferencias entre la última ejecución del modelo y la anterior (elaboración propia).....	- 55 -
Figura 36: Reporte de outputs del modelo predictivo (elaboración propia). ...	- 56 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables de diseño – Estructura empresa y mercado (elaboración propia).....	- 31 -
Tabla 2: Variables de diseño – Estructura anticipación (elaboración propia). .	- 32 -
Tabla 3: Variables de diseño – Coordinación (elaboración propia).	- 32 -
Tabla 4: Variables de diseño – Prácticas de trabajo (elaboración propia).	- 33 -
Tabla 5: Variables de diseño – Integración de procesos conexos (elaboración propia).....	- 33 -
Tabla 6: Variables de diseño – Mantención consolidada de estados (elaboración propia).....	- 34 -
Tabla 7: Principales columnas en base a las que se agruparon las ventas según las necesidades indicadas por el área comercial (elaboración propia).	- 40 -
Tabla 8: Descripción de reglas de negocio que se utilizan para filtrar facturas previo al análisis descriptivo de datos (elaboración propia).....	- 41 -
Tabla 9: Totales luego de limpiar los datos en base a tabla anterior (elaboración propia).....	- 42 -
Tabla 10: Tabla de costos de desarrollo (elaboración propia).	- 62 -
Tabla 11: Tabla de costos de operación, infraestructura y soporte (elaboración propia).....	- 62 -
Tabla 12: Tabla de ingresos y costos del rediseño (elaboración propia).	- 63 -
Tabla 13: Flujo de caja realista del proyecto a 6 semestres (elaboración propia).-	63 -
Tabla 14: Beneficios bajo análisis de sensibilidad (elaboración propia).....	- 64 -
Tabla 15: Flujo de caja bajo análisis de sensibilidad (elaboración propia).....	- 64 -

Capítulo 1: Introducción y contexto

En el presente capítulo, se expone una descripción de la industria donde opera la empresa en la que se realiza el proyecto de tesis, así como también se incluye una descripción general de la misma.

1.1. LA EMPRESA Y SU CONTEXTO

1.1.1. Antecedentes de la industria

La industria de la construcción engloba a todas las empresas cuyo producto corresponde a todo o parte de la construcción de edificaciones, obras industriales y/u obras civiles. Incluyendo, por ejemplo, desde las empresas importadoras de materias primas relacionadas, hasta los negocios inmobiliarios. Corresponde a uno de los sectores más importantes de la economía en Chile, pues su actividad representa aproximadamente el 6,4% del PIB, también en el empleo, pues el 8,5% de los ocupados del país se desempeña en este rubro y, además, el 63,5% del total de inversión en la nación corresponde a la construcción de vivienda, edificación no residencial y obras de ingeniería [\[1\]](#).

Más allá de su participación en el PIB, el empleo y la inversión, lo más notable es que posee un efecto multiplicador en la economía pues, para la realización de una obra de construcción se utilizan insumos que provienen de otras industrias, estimulando toda la cadena de valor relacionada como los proveedores, el transporte, la fabricación de insumos, etcétera. Tan así, es que algunos le llaman el “termómetro” de la economía, asegurando que su comportamiento, en algunos índices como el IMACON (Índice Mensual de la Actividad de la Construcción) y el número de permisos de edificación, pueden ser buenos predictores del comportamiento futuro del Producto Interno Bruto.

En cuanto a la productividad del sector, es bastante complejo medirla adecuadamente, dado que se podría enfocar en cualquier etapa del proyecto, desde el diseño hasta la construcción y la etapa de postventa. Sin embargo, cuando se menciona productividad laboral de la industria, se refiere a valor agregado por hora trabajada. Y la realidad es que Chile está bastante por debajo del resto de los países de la OCDE, y considerando como medida los metros cuadrados por persona al día en edificación en altura, el país marca un 0.24 en comparación al 0.37 internacional. Por otro lado, la productividad también se ha visto afectada por el aumento del costo de la mano de obra, la crisis económica desencadenada por la pandemia, los constantes cambios regulatorios y el aumento de las exigencias legales para lograr la sostenibilidad de los proyectos con el medio ambiente. Lo anterior supone importantes desafíos para el sector en materia de innovar y aumentar la productividad, para lo cual se levantan una serie de

oportunidades para ser abordadas en tres ejes principales: excelencia en la cadena de valor, integración y colaboración, y digitalización e industrialización.

En cuanto al mercado, el principal competidor de la empresa Volcán (protagonista del presente proyecto de tesis), es el holding industrial llamado Etex Group, con sede principal en Bruselas, fundado en 1905, y que cuenta con presencia en 42 países. Este holding agrupa las empresas Sociedad Industrial Pizarreño y Sociedad Industrial Romeral, las cuales, respectivamente, atienden las líneas de negocios correspondientes a fibrocemento y yeso, siendo especialmente relevantes en la primera, dado que poseen la posición líder del mercado con más del 60% de participación.

1.1.2. Descripción general de la empresa

Compañía Industrial El Volcán S.A (más adelante, Volcán) es una empresa principalmente dedicada a la producción y comercialización de soluciones constructivas. Fue fundada en 1916 en Santiago de Chile y sus acciones se transan en la Bolsa de Comercio a partir del año 1982. Sus plantas en Chile, y las operaciones de sus filiales y coligadas en Chile, Perú, Brasil y Colombia manufacturan y comercializan productos para la construcción de alta calidad, los que cumplen con estándares internacionales en materia ambiental y de seguridad.

Para Volcán, su propósito es hacer posible un mejor estándar de vida para las personas, en cada espacio donde habitan, en esta y las próximas generaciones, apuntando a ser líderes en soluciones constructivas sostenibles, mientras que dentro de sus valores corporativos se encuentra la integridad, la orientación a resultados, la excelencia, la innovación y la pasión, entre otros [2].

Posee una posición líder en el mercado de soluciones e insumos para la construcción en Chile con una capitalización de CLP 191.250 MM, y esto en parte, es gracias a sus ventajas competitivas en tecnología, derivadas del apoyo de su socio – accionista Saint-Gobain (más adelante, SC), corporación multinacional francesa, fundada en 1665 en París. SC está presente en 68 países, tiene más de 180.000 empleados, una capitalización de mercado por alrededor de US\$21.393 MM y es propietario del 30% de Volcán [3].

Dentro de sus líneas de negocio, se encuentran:

- Yesos: fabricación y venta de productos en base de yeso, para usos constructivos, agrícolas e industriales. Los principales productos son la placa de yeso-cartón (Volcanita), yeso en polvo, cielos modulares y yeso agrícola. Las instalaciones y activos fijos incluyen yacimientos de yeso en Cajón del Maipo, una fábrica en Chile (Puente Alto) y una fábrica en Perú. Su principal cliente en este segmento es Sodimac, que posee una posición líder de mercado y compite con empresas como Etex, Knauf y Romeral.

Esta línea de negocio representa el 63% del ingreso total de la empresa (US\$101MM) y en ella, Volcán posee una cuota de mercado del 53%.

- Fibrocementos: fabricación y comercialización de fibrocementos, un material de construcción en forma de placas o tinglados. Se utilizan como revestimientos exteriores de muros, fachadas y tabiques. Se cuenta con una fábrica ubicada en la Región Metropolitana, con una capacidad de producción de 18 millones de m² anuales. Su principal cliente es Construmart, que posee posición de sublíder en su mercado y compite con la empresa Pizarreño.

Representan el 27% del ingreso total de la compañía (US\$44 MM) y tienen una cuota de mercado de aproximadamente el 41%.

- Aislantes: fabricación y venta de soluciones de aislamiento para el sector de la construcción, equipos y procesos industriales. Los principales productos son lana de vidrio y lana mineral. Las instalaciones corresponden a dos plantas que elaboran los productos mencionados anteriormente, con producciones de 10.000 y 8.400 toneladas anuales, las cuales son principalmente compradas por MTS, Chilemat, Easy y EBEMA. En este segmento compite con Etex Importaciones y Owens Corning.

Finalmente, esta línea de negocios representa el 10% restante de los ingresos (US\$15 MM) y en ella, la empresa tiene una alta cuota de mercado, con el 59%.

Por otro lado, Volcán divide sus operaciones en cuatro sectores: construcción, industrial, minero y agrícola, donde vende directa e indirectamente a más de 2.000 clientes, entre los cuales se encuentran empresas de alta reputación, dado que lleva más de un siglo de tradición en el rubro.

Dentro del sector industrial, se encuentran empresas de minería, celulosa, químicas, de alimentos, entre otras, así como también empresas distribuidoras e instaladoras de equipo industrial, y fabricantes de equipos como cocinas, estufas y hornos. A estos clientes, la lana mineral Aislan les ofrece una gran asistencia en el aislamiento de equipos industriales, ya que permite conservar la temperatura de los fluidos que circulan por ductos y cañerías, contribuyendo al rendimiento energético de las instalaciones.

Otro producto de importancia en el sector industrial es la lana de vidrio AislanGlass, la cual es de gran maleabilidad gracias a su revestimiento de polipropileno o foil de aluminio y lana de vidrio cruda.

Adicionalmente, los yesos Volcán son utilizados por la industria de fabricación de sanitarios, cuya materia prima de alta ley entrega un mayor rendimiento a los productos desarrollados.

Para el sector agrícola, Volcán fabrica y comercializa el yeso abono Fertiyeso, un yeso hidratado, que contiene azufre y calcio, el cual es de amplio uso en este sector.

Los clientes en el sector construcción corresponden a empresas constructoras, inmobiliarias y empresas mandantes de proyectos, así como también instaladores y usuarios finales que deciden construir o remodelar edificaciones tanto residenciales, como comerciales, recintos de salud, educacionales, entre otros.

Con soluciones constructivas para fachadas, divisiones interiores, aislación térmica y absorción acústica, complejo cielo techumbre, terminaciones perfectas, protección pasiva al fuego y construcción industrializada, se busca brindar habitabilidad, confort, productividad, eficiencia y sostenibilidad para cada uno de los sectores.

En cuanto al presente de Volcán, la incertidumbre en torno a la crisis sanitaria y económica provocada por la pandemia del Covid-19 y la situación país, han impactado negativamente tanto la demanda como la oferta del sector construcción. La inversión y el PIB sectorial acumularon caídas del 12,6% y 15,2% anual, respectivamente, en los meses de enero a septiembre de 2020. Lo anterior, presenta nuevos desafíos para la empresa, con el foco de ser una empresa que debe seguir creciendo rentablemente y consolidar su posición competitiva en la industria liviano-seca, al mismo tiempo de tornar más eficientes sus procesos operacionales, sin olvidar que se debe avanzar de acuerdo con las tendencias del mercado en cuanto a sostenibilidad y su relación con las comunidades [4].

También, en la capa gerencial, existen ambiciones de crecer internacionalmente e ingresar a nuevas categorías de valor agregado, ambos desafíos importantes para ampliar las líneas de negocio base, y es en ello donde existen diversas oportunidades de modernizar la empresa y la operación, desde la percepción de la marca a la incorporación de tecnología, fundamentales para ser más competitivos.

Sus objetivos estratégicos se resumen en:

- Crecer rentablemente bajo un crecimiento y penetración sostenida en soluciones y mercado.
- Ser referentes en la industria liviano-seca a través de una posición competitiva consolidada.
- Transformar los procesos y recursos hacia una gestión digital.
- Asegurar una operación de excelencia con procesos de alta eficiencia.
- Desarrollar un sistema organizacional y cultura para afrontar nuevos desafíos, enfocados en el cliente, la colaboración y la innovación.
- Avanzar de acuerdo con las tendencias del mercado en cuanto a sostenibilidad y comunidades.

1.2. PROBLEMA IDENTIFICADO

Para poder mantener a sus clientes satisfechos, Volcán desempeña una serie de procesos que le permiten producir unidades de diversos productos, a lo largo de sus distintas plantas de fabricación y manufactura, los cuales están sujetos a cierta demanda, y además deben ser despachados a través de camiones y también almacenados en bodegas, según convenga. En general, a este proceso se le llama **planificación y alineamiento de los recursos de la cadena de suministro**, y cuenta con otros diversos subprocesos para llevarse a cabo con resultados satisfactorios. Este proceso involucra a las áreas de logística, producción y comercial, por lo tanto, realizarlo efectivamente implica comprender de buena forma las reglas de negocio, contar

con instancias de coordinación, herramientas tecnológicas de apoyo, rediseño de procesos y mejorar la forma en que estas áreas se comunican entre sí.

Es este proceso el que genera uno de los mayores dolores de Volcán: tanto producción, como demanda e inventario, no se encuentran sincronizados. Aquello se produce porque las áreas encargadas de estas responsabilidades actúan en silos, utilizando sus propias estimaciones y persiguiendo metas distintas. La principal consecuencia es que año a año, hay pedidos pendientes que quedan en cola porque no cuentan con el stock disponible, los cuales generan retrasos, cancelaciones y molestias de clientes, que se ven reflejadas en posteriores notas de crédito. Es más, desde el 2018 al 2020 hubo 3.072 pedidos que se perdieron por falta de stock al mes, con un promedio de 635 mil pesos cada uno, lo que equivale a un total de 1.951 millones de pesos en venta perdida.

Actualmente, uno de sus subprocesos es la predicción de la demanda, la cual se realiza en el área comercial, calculando el promedio de ventas agrupadas de los últimos 3 meses por cada línea de negocio, pero esto no considera estacionalidad ni tendencia histórica, y, además, el área de producción trabaja a nivel de SKU por cada producto, por lo cual la predicción se torna insuficiente para producir con mayor claridad de la demanda que cada producto podría experimentar en el futuro cercano.

El problema expuesto tiene directa relación con las ambiciones de la compañía de crecer lo más rentablemente posible y tener una excelencia operacional de clase mundial (pilares estratégicos detallados más adelante en el presente informe), por ende, abordarlo de una manera ingeniosa puede suponer beneficios a corto, mediano y largo plazo para Volcán.

Existen diversidad de causas que explican la ocurrencia del dolor, por ejemplo, la primera es que (1) no existe una política de coordinación entre las áreas involucradas, mientras que otra es que (2) el mecanismo de predicción de demanda es impreciso y obsoleto; por otro lado, entrevistas a personal de Volcán, dan cuenta de que (3) existen inconsistencias en los reportes, dado que los datos están con errores o incompletos, y esto a su vez ocurre porque (4) se generan muchos datos tanto a nivel productivo como en otros procesos, pero están siendo volcados en tableros independientes sin sentido estratégico o de negocios.

En el presente proyecto, se aborda la causa que se relaciona con el mecanismo de predicción utilizado actualmente (2), y a través del rediseño de los procesos involucrados y acompañado de un modelo matemático de predicción, se pretende entregar una propuesta que permita a las áreas trabajar de una manera más eficiente y reducir la venta perdida.

1.3. OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

El proyecto nace de un dolor que acompleja a Volcán, el cual conlleva el deterioro de la reputación de la marca frente a los clientes que quedan molestos cuando no se concreta una venta

prometida por problemas logísticos de la compañía, y además impacta negativamente los ingresos de la compañía y la excelencia operacional que se ansía tener. Lo mencionado tiene relación directa con los objetivos estratégicos de la empresa y es por ello, que debe ser abordado para que Volcán goce de una mejor salud empresarial en general.

1.3.1. Objetivo general

Rediseñar el proceso “gestionar la demanda de productos” de una empresa productora y comercializadora de soluciones constructivas para lograr una mayor eficiencia operacional.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que permiten cumplir el objetivo general son los que siguen:

1. Analizar la situación actual en el proceso de producción dentro de la cadena de suministro y comprensión de las variables que lo afectan.
2. Desarrollar un modelo de predicción que permita estimar demanda a nivel producto para los próximos 3 meses y así mejorar la gestión de la producción.
3. Diseñar una herramienta visual para comprender los resultados de la predicción de la demanda y así poder tomar mejores decisiones.
4. Evaluar económicamente la solución propuesta del proyecto.

1.3.3. Resultados esperados

Al término del proyecto se espera contar con los siguientes resultados:

1. Levantamiento de procesos en su situación actual para identificar oportunidades de mejora en ellos.
2. Modelo de predicción de demanda por producto para gestionar mejor la producción y así aumentar la exactitud de las predicciones actuales.
3. Mockup de herramienta visual que muestre eficazmente los resultados del modelo y así colabore a la toma de decisiones.
4. Evaluación económica del proyecto bajo distintos escenarios y así determinar la viabilidad del proyecto.

1.4. ALCANCES Y RIESGOS

1.4.1. Alcance

El alcance de proyecto es acotado en dos sentidos:

- El primero, se relaciona con que la construcción y puesta en marcha de una herramienta de este tipo requiere equipos multidisciplinarios y expertos en el mundo de la ciencia de datos, sobre todo en una empresa de la envergadura de Volcán. Por ello, es que este proyecto pretende exhibir una versión preliminar que permita entender los efectos potenciales que podría tener una implementación de este tipo, con resultados conservadores y ajustados a la realidad.
- El segundo, tiene que ver con que no se considera la implementación del rediseño abarcado por el proyecto. Esto dado que el contrato que determina el tiempo y condiciones que ligan al autor con Volcán depende de condiciones externas, pues este último se desempeña en una empresa consultora que actualmente presta otros servicios.

1.4.2. Riesgos potenciales

Los principales riesgos asociados al desarrollo del proyecto se listan a continuación:

- Enfrentar una posible cultura de silos en la organización, en particular, respecto a las áreas involucradas en el proceso a rediseñar. Para ello, se pretende involucrar a todos los interesados en el proceso de cambio, incluyendo a los empleados, los líderes y los clientes.
- Altos costos asociados: mejorar la coordinación de la cadena de suministro podría requerir la contratación de un software de S & OP (Sales and Operation Planning). Para lo cual, se pueden estudiar las diferentes opciones que existan para tomar una decisión informada.
- Difícil obtención de datos, pues depende de la factibilidad de extraerlos de un software bajo licencia llamado SAP, su calidad y también de la confidencialidad. Para ello, se tomarán decisiones en conjunto con expertos y de ser necesario se agregan etapas de limpieza de datos para minimizar los datos corruptos. Para la confidencialidad, se pueden establecer políticas, acuerdos y procedimientos de seguridad de la información que definan cómo se deben manejar y proteger los datos, además de controlar el acceso y anonimizar los datos en la medida de lo posible y el grado de necesidad.
- Resultados insatisfactorios: La estimación de la demanda puede resultar imprecisa o insuficiente para poder tomar decisiones o hacer análisis de sus resultados. Dependiendo del motivo, se puede aumentar la cantidad de datos para el entrenamiento, se puede entrenar un conjunto de modelos para escoger con mejor resultado, se puede

pulir la selección de los features y también modificar la granularidad del conjunto de datos para mejorar la predicción siempre y cuando haga sentido para el negocio.

- Falta de personas con habilidades requeridas para sostener y escalar este prototipo de solución a lo largo del tiempo. Para lo cual se pretende proporcionar capacitación y apoyo necesario para adaptarse al cambio, lo cual puede incluir entrenamiento técnico, sesiones de orientación y apoyo de coaching.

Capítulo 2: Marco teórico

En este capítulo se detallan los fundamentos teóricos que guiarán el rediseño de procesos propuesto a lo largo del trabajo de tesis.

2.1. INGENIERÍA DE NEGOCIOS

El proyecto se basa en la metodología de Ingeniería de Negocios, que es un enfoque sistemático y disciplinado para el análisis, diseño, implementación y mejora de los procesos de negocio de una organización. Comúnmente, utiliza técnicas y herramientas de ingeniería de software para maximizar la eficiencia y efectividad de la organización a sobre la cual trabajar. Esta metodología consta de 5 etapas descritas a continuación:

- Planteamiento estratégico: Entender y definir la dirección estratégica de la compañía al comprender y definir sus principales ventajas, fortalezas, debilidades y oportunidades para posicionarse en el largo plazo. En esta etapa se definen los objetivos estratégicos de la empresa y que enfocan cualquier dirección de esfuerzos que se desarrollen en el plano táctico y operacional. Se usan herramientas como el modelo Delta de Hax y el análisis FODA.
- Definición de modelo de negocios: Es importante para mantener un enfoque en el negocio puesto que la ingeniería de negocios debe tener como objetivo mejorar la eficiencia y efectividad de los procesos que generan valor para la organización.
- Diseño de arquitectura de procesos: Instanciar los macroprocesos de la organización permite determinar sus componentes, sus etapas y cómo se relacionan entre sí desde una mirada global que permite identificar rápidamente una primera dirección para el rediseño. Para este modelado se utiliza el framework APQC.
- Diseño detallado de procesos de negocios: Se identifican y detallan los procesos relevantes para un posible rediseño, siguiendo una lógica de situación actual y de situación deseada, mediante la metodología BPMN. Esto puede incluir la eliminación de redundancias o pasos innecesarios, automatización de tareas, mejora de la comunicación y la colaboración entre diferentes departamentos y stakeholders.
- Diseño de las aplicaciones: Se definen y diseñan las tecnologías, propósitos y funcionalidades que apoyarán los procesos escogidos para el rediseño. Esto se basa en la identificación de patrones y la automatización de procesos para mejorar el rendimiento.
- Construcción e implementación: Corresponde a la última etapa, donde se desarrollan los prototipos previamente definidos, con su fase de testeo correspondiente y evaluación de impacto. También es importante mencionar que en cualquier implementación que

impacte algún proceso de negocio, es necesario tener en cuenta la gestión del cambio y asegurar que los cambios sean aceptados y adoptados por los usuarios del proceso. Lo cual incluye la comunicación efectiva y el apoyo durante el proceso de cambio.

APQC PCF

Según [5], Arquitectura de Procesos es una arquitectura en la cual el sistema en cuestión es la empresa y sus componentes los procesos que ésta realiza para generar valor a sus clientes. Generalmente, se utiliza para diseñar la estructura del negocio y porque las empresas con un sistema de actividades claras y que se refuerzan entre sí, suelen tener un mejor resultado en todo ámbito. Bajo ese contexto, nace APQC, acrónimo de “American Productivity & Quality Center”, que es una organización global sin fines de lucro que impulsa la productividad de los negocios y el mejoramiento de su performance. Una de las formas en que lo hace, es mediante el desarrollo y diseminación de frameworks, como el APQC “Process Classification Framework (PCF)”.

El APQC PCF, es una taxonomía estándar para clasificar y mapear los procesos de negocio de una organización [6]. Provee un lenguaje común para usar cuando se describa, analice y se mejore sus procesos. Se basa en una jerarquía entre categorías de procesos, subcategorías de procesos y procesos específicos. Organiza más de 1.000 procesos, donde cada uno es definido por un identificador y una serie de características como nombre, definición y una serie de resultados. Se puede usar de diversas formas, como las que siguen:

- Mapear una organización para entender cómo está estructurada y cuánto se ajusta al esquema del framework.
- Identificar las mejores prácticas y oportunidades de benchmarking comparando sus procesos con el resto de las organizaciones.
- Utilizar el framework como una guía para mejorar sus procesos, definiéndose, analizándolos y rediseñándolos.
- Para discutir procesos fuera de una organización en particular, utilizando su lenguaje común.

La clasificación de APQC propone 2 grandes grupos:

1. **Procesos operacionales:** incluye los procesos que definen la estrategia de la organización, nuevos productos/servicios, marketing y relación con los clientes, relación con proveedores y la entrega del producto.
2. **Procesos de gestión y soporte:** incluye los procesos que soportan los procesos operacionales, como la gestión y desarrollo de RR. HH, de TI, de RRFF, de activos, la mejora continua e inteligencia de negocios.

En ambos segmentos de procesos, según el autor, la taxonomía utiliza una jerarquización en función del nivel de cada proceso, detallada a continuación:

- Nivel I – Categoría: representa el nivel más alto de proceso en la empresa, como administrar el servicio al cliente, cadena de suministros, organización financiera y recursos humanos. Son procesos observados a nivel macro y general de la organización.
- Nivel II – Grupo de proceso: indica el siguiente nivel del proceso y representa a un grupo de procesos, por ejemplo, el desempeño después de reparaciones de venta. La adquisición, cuentas por pagar, contratar / fuente y desarrollar estrategia de venta son ejemplos de grupos de proceso.
- Nivel III – Proceso: un proceso es el siguiente nivel de descomposición después de un grupo de proceso. Puede incluir elementos relacionados a variantes y revisión adicionalmente a elementos centrales necesarios para lograr el proceso.
- Nivel IV – Actividad: indica elementos clave realizados para ejecutar un proceso. Ejemplos de actividades incluyen: recibir solicitudes de los clientes, resolver quejas, negociar contratos de compra, etcétera.
- Nivel V – Tarea: las tareas representan el siguiente nivel de descomposición jerárquico después de las actividades. En general, las tareas son mucho más finas y pueden variar ampliamente entre industrias. Por ejemplo, tareas pueden ser: crear un caso de negocio y obtener financiamiento o ejecutar la medición de los resultados de una determinada operación del negocio.

A modo de detalle, se presenta el Nivel I – Categoría para una organización cualquiera utilizando el framework APQC:

- 1.0 – Desarrollar Visión y Estrategia (10002).
- 2.0 – Desarrollar y Gestionar Productos y Servicios (10003).
- 3.0 – Marketing y Venta de Productos y Servicios (10004).
- 4.0 – Entrega de Productos Físicos (20022).
- 5.0 – Entregar Servicios (20025).
- 6.0 – Administrar el Servicio al Cliente (20085).
- 7.0 – Desarrollar y Administrar el Capital Humano (10007).
- 8.0 – Administrar las tecnologías de la información (10008).
- 9.0 – Administrar Recursos Financieros (17058).
- 10.0 – Adquirir, Construir y Administrar Activos Fijos (19207).
- 11.0 – Administrar Riesgos Empresariales, Cumplimiento, Remediación y Resistencia (16437).
- 12.0 – Administrar las relaciones externas (10012).
- 13.0 – Desarrollar y Administrar las Capacidades del Negocio (10013).

Mientras tanto, de manera gráfica, esta arquitectura se puede observar en la siguiente figura:

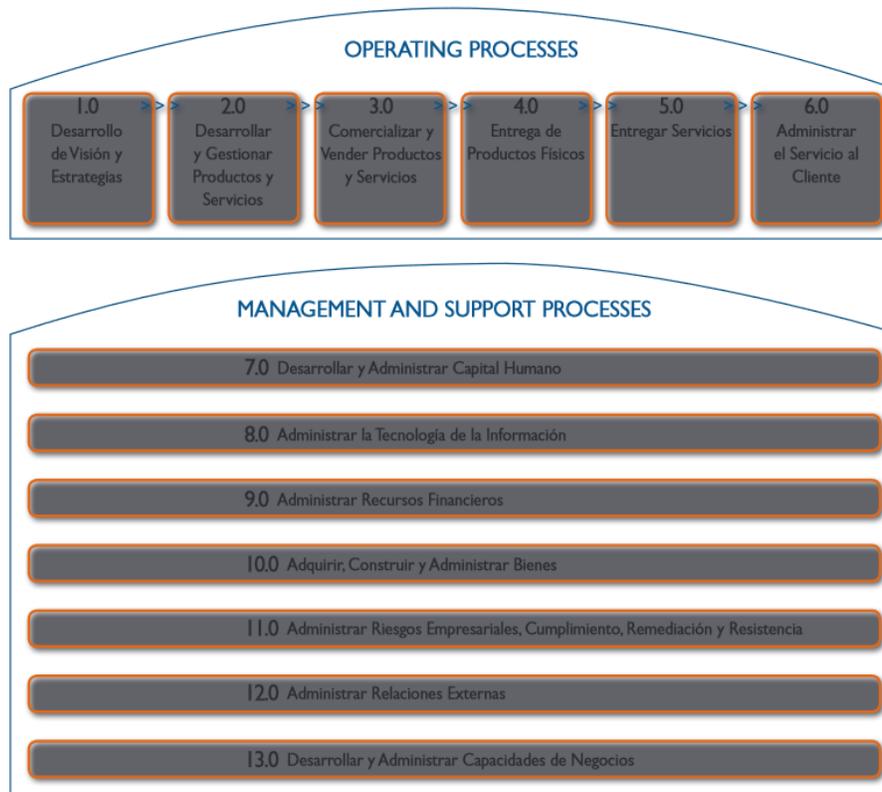


Figura 1: Taxonomía de primer nivel de procesos según el framework detallado. (APQC, 2022).

D

el mismo modo, es posible profundizar en los distintos niveles de jerarquización detallados anteriormente, para tener un mapeo completo de la arquitectura de procesos de la organización, al mismo tiempo que se utiliza un framework global que está en constante evolución, por tanto, abre la puerta a posibles mejoras y una comparación objetiva con empresas de rubros similares.

Diseñar la arquitectura de procesos de la empresa con un framework como el que ofrece APQC, es bastante útil para poder identificar los procesos claves que puedan estar generando problemas o que puedan ser optimizados, así mismo, limita el alcance y aumenta la precisión.

2.2. CRISP-DM

La lógica de negocios diseñada se basa en una metodología llamada CRISP-DM, que es un acrónimo que significa “Cross Industry Standard Process for Data Mining”, la cual se utiliza para llevar a cabo proyectos de minería de datos y análisis predictivo utilizando buenas prácticas. La metodología se divide en seis fases, las cuales constituyen un proceso cíclico para trabajarse de forma iterativa que permite pulir y depurar la solución obtenida hasta llevarla al punto óptimo tanto como se desee:

1. **Comprensión del negocio:** en esta primera fase, se entiende el objetivo del proyecto y se determina cómo el análisis de datos puede ayudar a lograrlo, tomando en consideración una perspectiva de negocios y finalmente, se definen los objetivos a cumplir.
2. **Comprensión de los datos:** en esta segunda fase, se recopilan y analizan los datos relevantes para el proyecto, que en lo ideal sean relevantes y permitan resolver la problemática.
3. **Preparación de los datos:** consiste en una fase de limpieza y preparación de los datos para el análisis y modelamiento que sigue. También suele incluir selección y creación de features o variables.
4. **Modelado:** en esta fase, se utilizan técnicas de análisis de datos para construir modelos predictivos,
5. **Evaluación:** en esta fase, se evalúa la precisión y el rendimiento de los modelos. De acuerdo con lo que se obtenga en esta etapa, se pueden definir los próximos pasos del ciclo iterativo.
6. **Implementación:** en esta fase, se lleva a cabo el plan de acción resultante del análisis, incluye la puesta en producción del prototipo integrado a los procesos de negocios y se monitorean los resultados.

SERIES DE TIEMPO

A lo largo de este proyecto, se trabaja con datos de ventas de productos ordenados de una forma llamada series de tiempo, la cual se define como una colección de datos ordenados en el tiempo, es decir, una secuencia de valores numéricos que se han recolectado en un intervalo de tiempo regular.

Según [7], las series de tiempo se utilizan comúnmente en la predicción de ventas y en la planificación financiera, ya que permiten identificar patrones y tendencias a lo largo del tiempo.

La teoría de series de tiempo se basa en el modelo matemático de un proceso estocástico en el tiempo. Un proceso estocástico es una secuencia de variables aleatorias que evolucionan a lo largo del tiempo [8]. El análisis de series de tiempo se centra en la identificación de patrones repetitivos y tendencias a lo largo del tiempo. Esto se logra mediante la descomposición de los datos en tres componentes principales: la tendencia, la estacionalidad y el ruido [9].

La tendencia se refiere a la dirección general que siguen los datos a lo largo del tiempo, mientras que la estacionalidad, se refiere a patrones que se repiten en el mismo momento de cada ciclo, como, por ejemplo, el aumento de ventas en centros comerciales durante el período de navidad cada año. El ruido, por otro lado, se refiere a fluctuaciones aleatorias que no se pueden explicar ni por la tendencia, ni por la estacionalidad [10].

La predicción de ventas utilizando series de tiempo implica la identificación de patrones en los datos históricos de ventas y la extracción de información relevante para predecir futuras ventas, y, según [11], los modelos de series de tiempo son bastante útiles para predecir el comportamiento de las ventas futuras en función de los datos históricos.

Existen varios modelos de series de tiempo, como los modelos de media móvil, los modelos de suavización exponencial y los modelos ARIMA, los cuales pueden ser ajustados para incorporar los factores descritos anteriormente como la estacionalidad, la tendencia y los cambios en la variabilidad de los datos a lo largo del tiempo.

En cuanto a la calidad de las predicciones de un determinado modelo, esta se mide en base a dos métricas sencillas: 1. El error neto porcentual promedio, y 2. El error neto porcentual ponderado. Para cada serie se calcula el error neto porcentual de la siguiente manera:

$$EN_s = 100 \cdot \frac{\sum_m^M |predicción\ serie\ s_m - venta\ serie\ s_m|}{venta\ serie\ s}$$

Donde m es el mes o periodo predicho y s es la serie que se está prediciendo. Luego de calcular el error para todas las series de un conjunto, se calcula el error promedio EN_{avg} y el error ponderado EN_w . El error promedio es simplemente el promedio de todos EN_s y nos ayuda a entender si el modelo está teniendo un buen desempeño en todas las series modeladas.

$$EN_{avg} = \frac{1}{|S|} \sum_s^S EN_s$$

Y el error neto ponderado es el error de cada serie, pero ponderado por el porcentaje de venta (Sp_s) de cada una.

$$EN_w = \sum_s^S EN_s \cdot Sp_s$$

Además de las dos métricas de error anteriores, se usa una tercera métrica llamada $sMAPE$ promedio para seleccionar los mejores modelos. Esta métrica a diferencia del neto se calcula en base al error de cada mes o periodo predicho en lugar del total se la siguiente forma:

$$sMAPE_s = 2 \cdot 100 \cdot \frac{1}{|M|} \sum_m^M \frac{|predicción\ serie\ s_m - venta\ serie\ s_m|}{(predicción\ serie\ s_m + venta\ serie\ s_m)}$$

Es básicamente el error medio absoluto porcentual, pero con una corrección para evitar que se indefina cuando la venta real es cero.

SOLUCIONES SIMILARES

En el marco de diseñar y construir un prototipo tecnológico funcional, que permita solucionar el problema presentado más adelante, se realiza un estudio de soluciones similares que podrían ser útiles para lograr extrapolar las principales funcionalidades que debe contener la propuesta incluida en este proyecto de tesis.

1. Sistema de Gestión de Relación con Clientes (CRM) en la Nube: Un CRM en la nube centraliza la información del cliente, historial de ventas, interacciones de marketing y más, ofreciendo una vista de 360 grados del cliente. Aquello mejora la coordinación entre equipos, permite un análisis profundo del cliente y facilita la

toma de decisiones. Sus funcionalidades principales son: integración completa con canales de venta y marketing, segmentación de clientes y análisis de comportamiento, automatización de seguimiento y comunicación con clientes e informes y paneles personalizables.

2. Automatización de Marketing y Ventas: Son sistemas que automatizan tareas como la generación de leads, seguimiento, scoring y campañas de email, permitiendo una gestión más eficiente. Entre sus beneficios está el ahorro de tiempo y esfuerzo, mayor precisión y consistencia en las tareas relacionadas y una mejora en la personalización. Sus funcionalidades principales son crear y gestionar campañas de email marketing, generación y puntuación automática de leads, integración con CRM y otras herramientas de ventas e informes de rendimiento de campañas.
3. Sistemas de Inteligencia de Negocios (BI) integrados con Inteligencia Artificial: Estos sistemas recopilan y procesan grandes cantidades de datos, aplicando algoritmos de Inteligencia Artificial para ofrecer insights. Sus beneficios están en descubrir tendencias ocultas, facilitar decisiones basadas en datos e incrementar la competitividad. Sus principales funcionalidades son la integración de datos de múltiples fuentes, el análisis predictivo y prescriptivo, visualización de datos y paneles interactivos y alertas y monitoreo en tiempo real.
4. Plataforma de Gestión de Inventarios en tiempo real: Son plataformas que usan sensores y análisis de datos en tiempo real para mantener niveles óptimos de inventario. Sus beneficios son reducir los costos de almacenamiento, evitar inventarios faltantes o exceso y mejorar la respuesta frente a la demanda. Sus funcionalidades principales son el monitoreo en tiempo real de niveles de inventario, la integración con sistemas de compras y ventas, la predicción y optimización de niveles de inventario y los informes y análisis de tendencias del inventario.
5. Herramienta de Analítica Predictiva para Precios Dinámicos: esta herramienta ajusta los precios de los productos en tiempo real, utilizando datos de mercado y análisis predictivo. Maximiza los beneficios, reacciona rápidamente a cambios del mercado y alinea precios con la demanda. Sus funcionalidades principales son el análisis de datos de mercado y competencia, el ajuste de precios en tiempo real, la integración con sistemas de comercio electrónico y puntos de venta, además de reportes y análisis de impacto en ventas y márgenes.

Capítulo 3: Planteamiento estratégico y análisis de la situación actual

En el presente capítulo, se aborda el planteamiento estratégico y el análisis de la situación actual de una empresa comercializadora de soluciones constructivas. En un entorno empresarial altamente competitivo y en constante evolución, es fundamental que las organizaciones realicen una evaluación integral de su situación para identificar oportunidades, desafíos y definir una estrategia efectiva que les permita alcanzar sus objetivos a través de un proyecto de rediseño y así, mantener una ventaja competitiva sostenible, o bien, destrabar posibles problemas que podrían mejorar sus resultados.

3.1. POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO

En primer lugar, para entender a cabalidad la planificación estratégica de la empresa Volcán, se realiza un análisis FODA. Este tipo de técnica se lleva a cabo mediante la identificación de factores internos y externos y luego la evaluación de cómo pueden afectar al logro de los objetivos de la organización. La idea de utilizarlo es para ayudar a la organización a desarrollar estrategias para aprovechar sus fortalezas y oportunidades, mientras minimiza sus debilidades y se protege frente a las amenazas [\[12\]](#). Es una herramienta útil para entender el contexto en el que la organización opera y así tomar decisiones informadas sobre cómo avanzar. A continuación:

<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> Mix de productos que permite la venta de soluciones constructivas, modelo comercial y cobertura geográfica Experiencia y reputación en el mercado, credibilidad técnica Sistema integrado de gestión, gestión logística Parte de grupos empresariales de gran prestigio y experimentado gobierno corporativo (Matte y Saint Gobain) Equipo humano de excelencia Relación de confianza con trabajadores basada en cultura organizacional Ubicación y facilidad de explotación de MLV Capacidad y tecnología industrial en el core del negocio, cercanía de plantas a grandes centros de consumo Sólida y estable situación financiera que asegura un ambiente laboral seguro, innovador y responsable con el medio ambiente Disposición de recursos para gestionar seguridad, salud, medio ambiente, calidad y desempeño energético 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Aumentar y generar venta de productos y soluciones de valor agregado Oportunidades de nuevos negocios en Chile y en el extranjero Mejorar competitividad gracias a un manejo energético más eficiente Incorporar economía circular en negocios Volcán Posicionar a Volcán como una compañía moderna, innovadora, sostenible, eficiente energéticamente y transformarse en referente en buenas prácticas en seguridad y salud ocupacional Ser un agente disruptor de la industria liderando la transformación digital Posicionarse con clientes finales
<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Falta de automatización en procesos fabriles y administrativos Antigüedad de equipos, fuera de estándar Apoyo de área TIC a procesos del negocio Falta de personal capacitado para puestos claves Falta de control en procesos de la compañía Experiencia de clientes mejorable Falta de foco tecnológico y digital Suministro de yeso en el largo plazo 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> Nuevos competidores Posibles modificaciones del marco legal Sanciones por incumplimientos legales que paralizan actividades Ubicación de plantas en zonas urbanas Situación de inestabilidad producto de la pandemia, posibles focos de contagio que paralizen la producción Costos de matriz energética en Chile Decreto de Estado de Excepción Constitucional de Catástrofe que impida realizar actividades en forma normal

Figura 2: Análisis FODA de Volcán (elaboración propia).

Fortalezas:

- Mix de productos que permite la venta de soluciones constructivas, un amplio modelo comercial y una alta cobertura geográfica.
- Experiencia y reputación en el mercado, credibilidad técnica.
- Sistema integrado de gestión, gestión logística.
- Parte de grupos empresariales de gran prestigio y experimentando gobierno corporativo (Grupo Matte y Saint Gobain).
- Equipo humano de excelencia.
- Relación de confianza con trabajadores basada en cultura organizacional.
- Capacidad y tecnología industrial en el core del negocio, cercanía de plantas a grandes centros de consumo.
- Sólida y estable situación financiera que asegura un ambiente laboral seguro, innovador y responsable con el medio ambiente.
- Disposición de recursos para gestionar seguridad, salud, medio ambiente, calidad y desempeño energético.

Oportunidades:

- Aumentar y generar venta de productos y soluciones con valor agregado.
- Oportunidades de nuevos negocios en Chile y en el extranjero.
- Mejorar competitividad gracias a un manejo energético más eficiente.
- Incorporar economía circular en negocios Volcán.

- Posicionar a Volcán como una compañía moderna, innovadora, sostenible, eficiente energéticamente y transformarse en referente en buenas prácticas en seguridad y salud ocupacional.
- Ser un agente innovador en la industria liderando la transformación digital.
- Posicionarse con los clientes finales de la cadena.

Debilidades:

- Falta de automatización en procesos fabriles y administrativos.
- Antigüedad de equipos, fuera de lo estándar.
- Débil apoyo del área TIC a procesos del negocio.
- Falta de personal capacitado para puestos claves.
- Falta de control en procesos de la compañía.
- Experiencia de clientes mejorable.
- Falta de foco tecnológico y digital.
- Suministro de yeso en el largo plazo.

Amenazas:

- Nuevos competidores.
- Posibles modificaciones del marco legal.
- Sanciones por incumplimientos legales que paralizan actividades.
- Ubicación de plantas en zonas urbanas.
- Situación de inestabilidad producto de la pandemia.
- Costos de matriz energética en Chile.

Dado el análisis efectuado, y sumado a que Volcán cuenta con un profundo conocimiento de sus clientes, un abanico extenso de productos presta asesorías que buscan generar valor a los proyectos de sus clientes y satisfacer todas sus necesidades significativas, se infiere que según el modelo Delta de Hax, se clasifica como Solución Integral.



Figura 3: Modelo Delta de Hax de Volcán (elaboración propia).

Hay aún más motivos para pensar que Volcán sigue un enfoque de Solución Integral, los cuales son (1) ofrece soluciones completas y personalizadas para los problemas de sus clientes, en lugar de simplemente vender productos o servicios aislados, (2) tiene una visión global y estratégica de la industria y el mercado en el que opera y trabaja para crear soluciones que respondan a las necesidades de los clientes de manera efectiva como los materiales VAP, (3) cuenta con una amplia gama de productos, desde la asesoría y el diseño hasta la fabricación, venta y postventa, (4) está comprometida con la excelencia en el servicio al cliente y la satisfacción del mismo, con el foco de mantener relaciones de largo plazo con ellos.

3.2. MODELO DE NEGOCIO

El modelo de negocios permite operacionalizar el planteamiento estratégico de la empresa describiendo cómo genera, entrega y captura valor para sus clientes. El marco de referencia Canvas, mostrado y descrito a continuación, es una herramienta útil para visualizar el negocio, planificarlo, comunicarlo a otras personas y examinar su atractivo según las oportunidades que se puedan presentar.

The Business Model Canvas: Volcán S.A



Figura 4: Modelo Canvas de Volcán (elaboración propia).

- **Propuesta de valor:** El mayor valor que Volcán delibera a sus clientes está en las soluciones constructivas de alta calidad y de todo tipo, intentando abarcar la mayoría o la totalidad de las necesidades que presenten al momento de construir una edificación, ya sea que el cliente se trate de una persona natural, una constructora, o un retailer especializado que distribuya también materiales de construcción. Además, con su alto nivel de producción y su presencia extendida geográficamente, otorga un plus logístico (al disponibilizar el producto al cliente final independiente de su ubicación) y de precio (siguiendo el principio de las economías de escala).
- **Canales:** La empresa posee múltiples canales para interactuar con sus clientes, como lo son la venta directa a través de tiendas físicas propias, sitio de comercio electrónico y work center. Por otro lado, utiliza el correo electrónico y WhatsApp para contactarte con sus clientes.
- **Actividades clave:** dentro de los procesos claves que realiza la empresa se encuentra el producir y manufacturar las soluciones constructivas a lo largo de todas sus fábricas, y para cada una de sus líneas de negocio. Por supuesto que esto incluye todos los procesos de gestión, diseño y planificación que son necesarios para asegurar una producción factible y lo más cercana al óptimo posible. La otra actividad mayormente relevante es precisamente comercializar estos productos, para lo cual se cuenta con diferentes puntos de venta, tanto directa como indirecta. Así mismo, se cuenta con equipos de fuerza de venta en el área comercial, los cuales llevan cuentas de clientes y se encargan principalmente de elaborar las cotizaciones para las constructoras.

- **Recursos clave:** uno de sus principales recursos son las materias primas para poder producir los productos a comercializar. Volcán cuenta incluso con mineras para la extracción de minerales, los cuales son desplazados y procesados en sus diferentes plantas para transformarlos en productos de alta calidad y valor. Por otro lado, también están las maquinarias de las mismas fábricas, las cuales son los principales activos para poder sostener un negocio de este tipo, se invierte mucho en su cuidado para que puedan estar operativas la mayor cantidad del tiempo y sean lo más eficientes posibles. Finalmente, en una empresa de este tamaño es muy importante el capital humano para garantizar que los procesos funcionen adecuadamente, por ejemplo, existe el área de control de gestión que maneja todo el tema de reportería de inteligencia de negocios usando los datos de los distintos softwares empresariales que maneja la empresa y que sirven a las distintas áreas para poder tomar decisiones basadas en evidencia, por lo tanto, en aquella área se requiere de un personal calificado que pueda realizar aquellas tareas con rigurosidad y efectividad, y es así en tantas otras áreas de Volcán, como el área comercial, el área logística y el área de tecnologías de la información.

3.3. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL

3.3.1. Problema identificado

Como ya fue descrito anteriormente en este documento, el problema de Volcán es la alta cifra de venta perdida por deficiencias operacionales, de coordinación y de inteligencia de negocios.

Este problema fue identificado por los altos gerentes de Volcán, que precisaron que los métodos actuales para estimar la demanda por materiales para la predicción son obsoletos y no responden a lo que maneja el mercado actualmente. Indagando aún más, se observó que hay más problemas relacionados, como datos inconsistentes, descoordinación entre áreas involucradas, baja confianza en los datos, entre otros.

Para comprender aún mejor la situación y su dimensionamiento, se desarrolló un árbol de causas, que se puede observar en la siguiente figura:

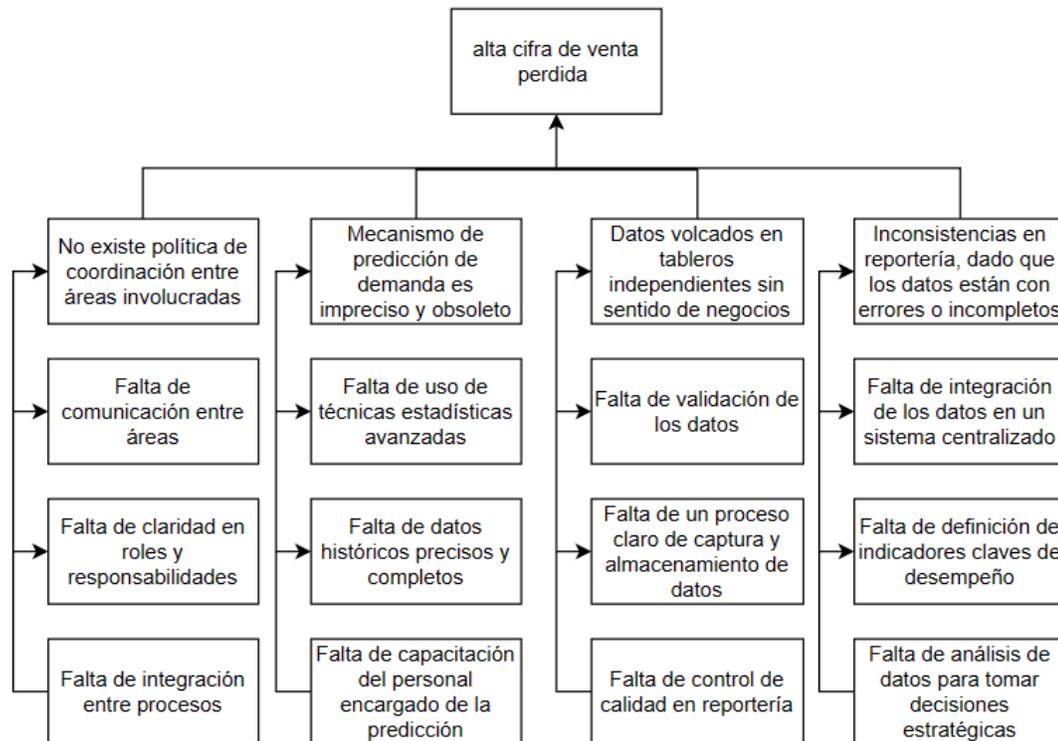


Figura 5: Árbol de causas (elaboración propia).

Así, es como se pueden identificar las distintas causas raíz para el problema. Por otro lado, también hay numerosas consecuencias del problema, entre las cuales se pueden mencionar: (1) potencial daño a la reputación de marca dados los pedidos incumplidos, (2) baja calidad de decisiones basadas en datos, pues estos no siempre son consistentes o carecen de sentido de negocio, (3) obsolescencia tecnológica por no incorporar métodos modernos que podrían ser usados por la competencia y perder competitividad.

De la misma forma, es posible innovar y aplicar una política de coordinación entre las áreas involucradas para mejorar la comunicación y la toma de decisiones en cuanto a la predicción de la demanda y la gestión de productos e inventario. Esto podría llevar a mayor eficiencia a la empresa y a reducir el número de venta perdida debido a esta causa. Por otro lado, se puede actualizar el mecanismo de predicción de demanda a uno más preciso y moderno, como podría ser un modelo de predicción basado en datos que incorpore información histórica de ventas y factores relevantes del mercado, el cual podría proporcionar información más precisa sobre la demanda futura y permitir mejor gestión de inventario y la producción. También se podría trabajar en mejorar la calidad de los datos y la consistencia de la reportería, asegurando que sean precisos y completos para poder tomar mejores decisiones empresariales. Cualquiera de estas

opciones podría ayudar a reducir el impacto del problema identificado y a su vez, llevar a un aumento en los ingresos y la satisfacción del cliente.

3.3.2. Arquitectura de procesos

La arquitectura de procesos presentada, basada en el framework APQC, nos permite ubicar los posibles procesos ligados al problema identificado en la etapa anterior. Siguiendo el mecanismo del framework, los procesos de la empresa se descomponen en diferentes niveles ordenados de macroprocesos a micro procesos. De esta forma, la arquitectura en su primer nivel se ve como sigue:

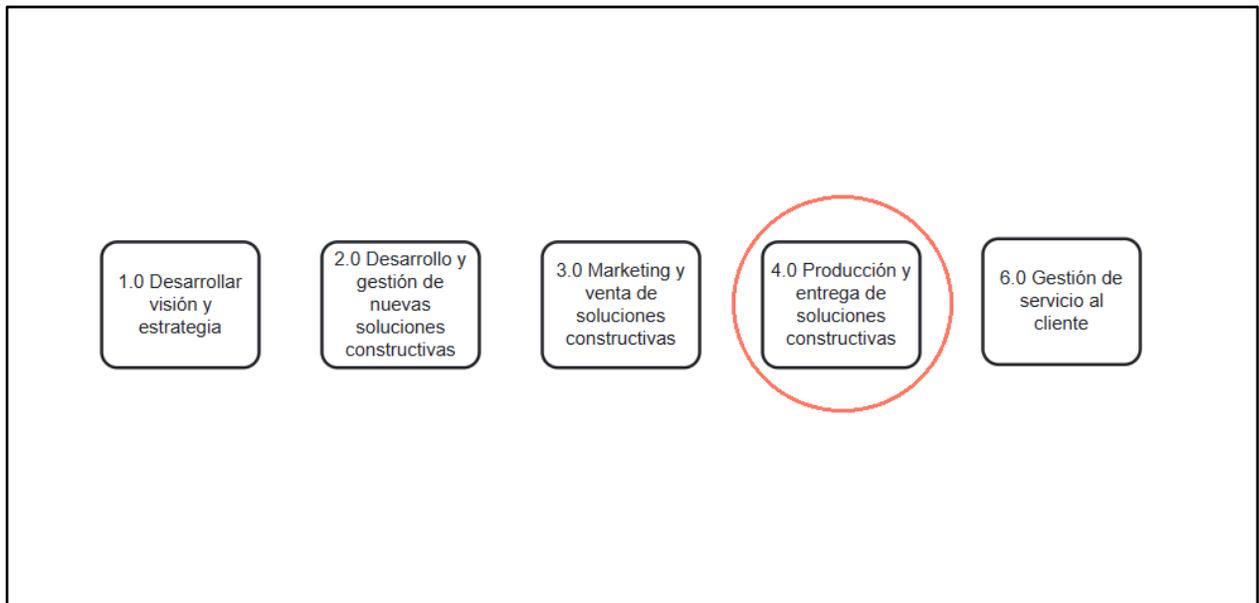


Figura 6: APQC – Procesos de primer nivel (elaboración propia).

Donde se puede asociar fácilmente, que el problema ocurre en el macroproceso 4.0 Producción y entrega de soluciones constructivas.

Luego para el siguiente nivel:

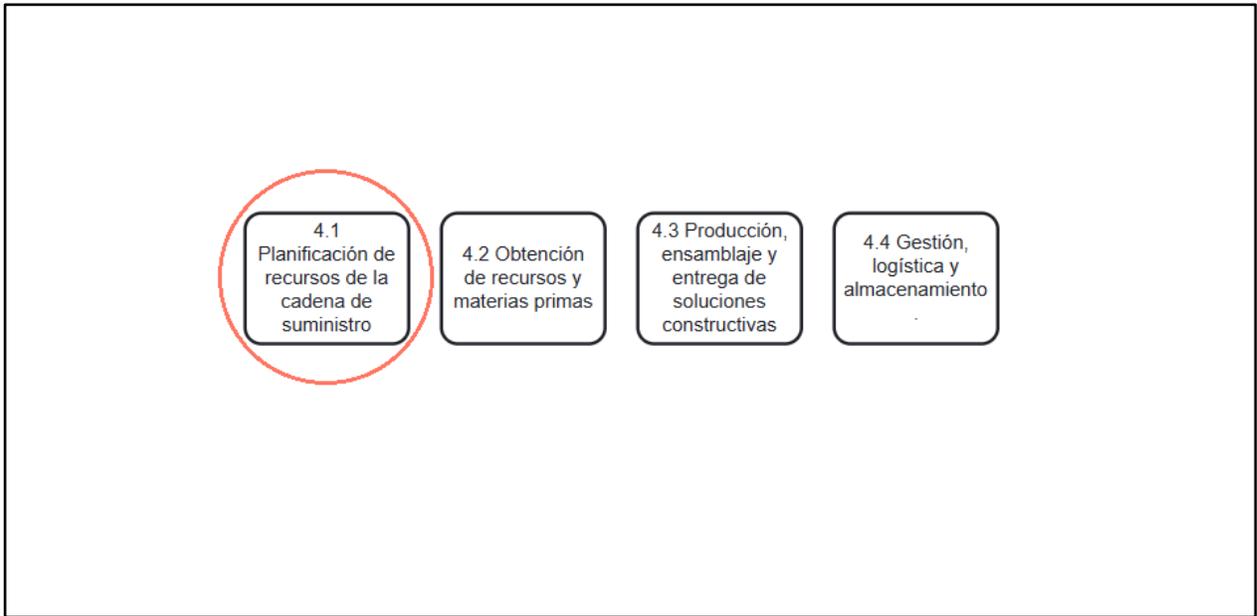


Figura 7: APQC – Procesos de segundo nivel (elaboración propia).

Del mismo modo, el problema se relaciona con 4.1 Planificación de recursos de la cadena de suministro.

Finalmente, para el tercer y último nivel de esta instancia de APQC, se establece que el problema ocurre en el proceso 4.1.2 Administrar la demanda de soluciones constructivas.

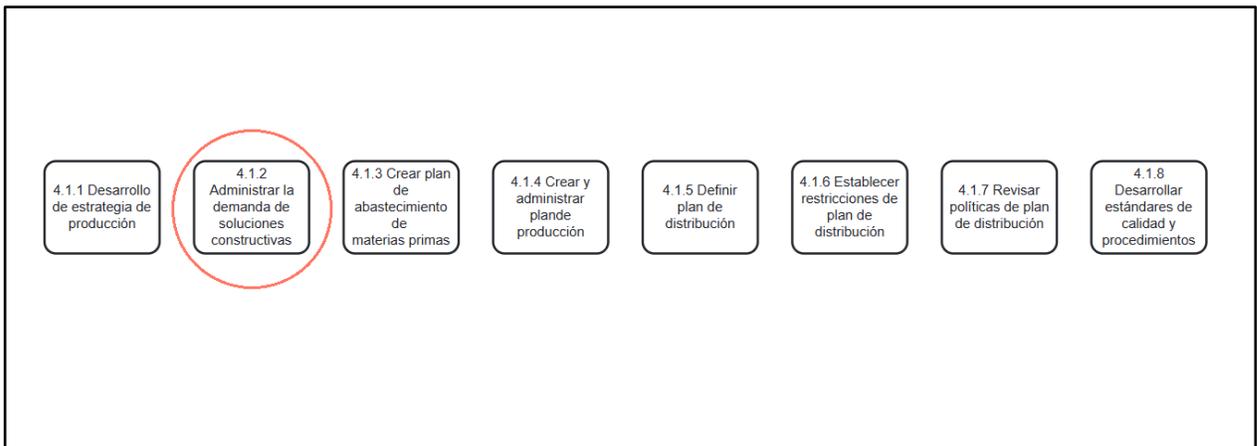


Figura 8: APQC – Procesos de tercer nivel (elaboración propia).

Dentro de este proceso, también existen otros procesos más detallados, los cuales pueden ser rediseñados con el fin de mejorarlos y tornarlos más eficientes o efectivos, en el caso de este proyecto de tesis, dada las causas raíz del problema y el interés por la analítica de datos. El escogido a rediseñar será el de Estimación de Ventas Mensuales.

3.3.3. Modelamiento detallado de procesos en BPMN

A continuación, se detalla un diagrama diseñado en BPMN, que muestra la estimación de ventas mensuales en profundidad.

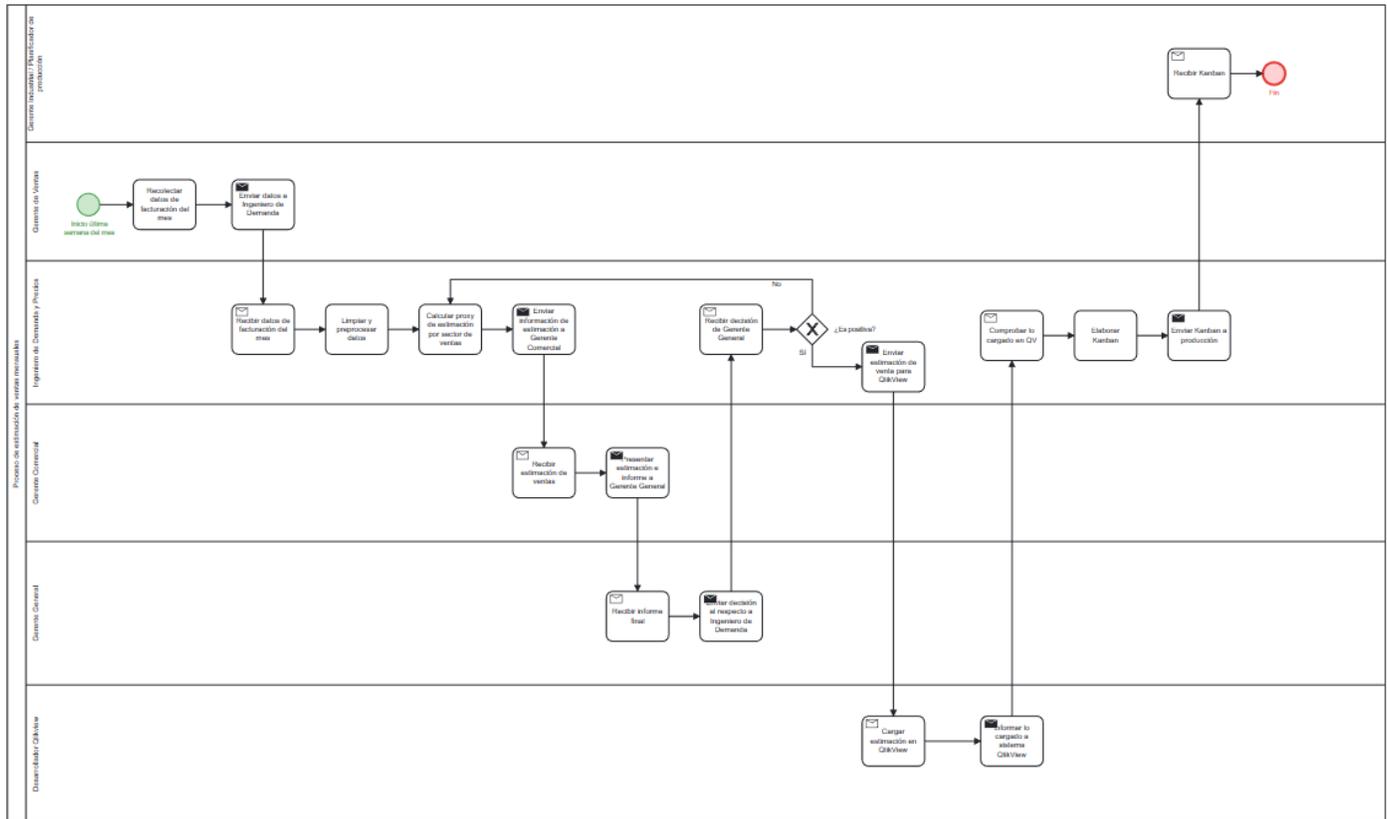


Figura 9: Proceso de estimación de ventas mensuales AS IS (elaboración propia).

Las responsabilidades del proceso de estimación de demanda se dividen en los siguientes roles asignados a distintas personas de Volcán:

- Gerentes y Subgerentes de Ventas: Responsables de levantar la información necesaria para poder estimar de la mejor forma posible la venta mensual de la compañía abierta por canal, sector e identificando volúmenes y precios promedios para finalmente definir el valor a alcanzar. La información resultante de dicho levantamiento y aprobada por el Gerente General es la que se utiliza para fijar las distintas metas a los equipos comerciales.
- Gerente Comercial: Responsable por la revisión de los antecedentes entregados por los Gerentes y Subgerentes, junto con el Ingeniero de Demanda y Precios se consolidan los números y se propone el número mensual.
- Gerente General: Responsable de la revisión de los números consolidados y es quién aprueba el número definitivo.
- Ingeniero de Demanda y Precios: Responsable por la elaborar la primera propuesta de estimación de ventas del próximo trimestre, consolidando la información de

todos los canales de venta, además de elaborar el reporte de estimación de venta trimestral definitiva y el Kanban, según los acuerdos aprobados.

- Desarrollador QlikView: Responsables de cargar los datos de la Estimación Trimestral al sistema QlikView, y de informar lo cargado para revisión del Ingeniero de Demanda y Precios.
- Gerente Industrial – Planificador de producción: Responsable de recibir y comentar el Kanban.

Por otro lado, las actividades se describen a continuación:

1. Realización del levantamiento de información: Los Gerentes de Ventas y el Subgerente de Ventas llevan a cabo la recolección de datos relevantes del mercado, tales como el número de nuevas aperturas, obras en construcción, pedidos pendientes de facturar, incorporación de productos, tamaño del mercado y participación esperada por sector. Posteriormente, estos datos son compartidos con el Ingeniero de Demanda y Precios para su incorporación en el documento de estimación de ventas.
2. Coordinación y revisión: Se realiza la coordinación y revisión de los números presentes en el Reporte de Estimación de Venta, el cual es una planilla Excel con la propuesta de estimaciones de ventas trimestrales.
3. Generación del Reporte de Estimación de Venta: Se genera el Reporte de Estimación de Venta definitivo, formalizando los acuerdos obtenidos en la reunión anterior.
4. Presentación y/o envío del Reporte de Estimación de Venta: Se realiza una reunión entre el Gerente Comercial y el Gerente General para revisar los números y cerrar la estimación.
5. Aprobación: El Gerente General, una vez de acuerdo con la Estimación de Ventas presentada, da su visto bueno verbalmente al Gerente Comercial. Si no se llega a un acuerdo, se revisan los números para elaborar una nueva propuesta.
6. Información a los equipos comerciales: Se informa a los equipos comerciales la Estimación de Ventas trimestral a través del envío de un correo electrónico. Además, los Gerentes y Subgerentes de ventas informan la meta trimestral de cada área en función a la Estimación de Ventas aprobada por el Gerente General.
7. Envío de Estimación de Ventas para carga en QlikView: El Ingeniero de Demanda y Precios informa al Subgerente de Control de Gestión y TIC, así como al Desarrollador QlikView, la estimación o pronóstico para que sea ingresado al sistema QlikView. En caso de ausencia del Ingeniero de Demanda y Precios, el Ingeniero de Estudios llevará a cabo esta labor.
8. Carga de estimación de ventas en QlikView: El Desarrollador QlikView carga los datos entregados por el Ingeniero de Demanda y Precios al sistema, para luego informar lo que se ha cargado en la plataforma.

9. Comprobación de la información cargada: El Ingeniero de Demanda y Precios comprueba que los datos cargados en el sistema QlikView correspondan a los datos informados en la Estimación de Ventas Trimestral.
10. Elaboración del Kanban: El Ingeniero de Demanda y Precios, con la Estimación de Ventas definitiva y aprobada, elabora el Kanban Mensual y lo envía por correo electrónico al Gerente Industrial y al Planificador de Producción.
11. Recepción del Kanban: El Gerente Industrial y el Planificador de Producción de la compañía reciben el registro del Kanban Mensual y, tras su revisión, lo informan al personal competente.

3.4. CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Como se ha explicado en el presente documento, Volcán persigue objetivos estratégicos de ser una empresa cada vez más rentable y eficiente operacionalmente. Por ello, una merma de ingresos por devoluciones representa un dolor en el sentido de venta perdida, y un síntoma de que operacionalmente hay procesos que no están funcionando correctamente, por lo tanto, problemáticas de este tipo deben ser atendidas.

Al analizar las causas raíz, se ve que muchos de los dolores actuales nacen de la falta de sincronización entre tres aspectos fundamentales del negocio: demanda, oferta e inventario.

Hoy, la relación entre oferta y demanda dentro de Volcán responde a una visión de silos y necesidades propias en lugar de una visión de necesidades compartidas e integradas. Se presentan palabras de los stakeholders, que pueden vislumbrar variadas causas del problema y algunos datos para cuantificar estas causas:

- Stock como origen de incumplimientos: “No existe reserva de stock como tal, reservar significa decirle que no a clientes”.
- Estimaciones no sincronizadas: “Demanda responde a una estimación agrupada, pero oferta necesita información por SKU”.
- Política de fulfillment: “No hay una política de cumplimiento de pedidos, a los clientes que más reclaman, les llega primero”.
- Brecha de expectativas: “El problema no es el plazo, es prometer. El cliente con grúa y que el pedido no llegue”.

Estos dolores que expresan los gerentes de Volcán deben ser analizados cuantitativamente para encontrar las principales oportunidades de mejora o rediseño, por lo tanto, se analizan datos de ventas del período 2022, visualizados en las siguientes figuras:

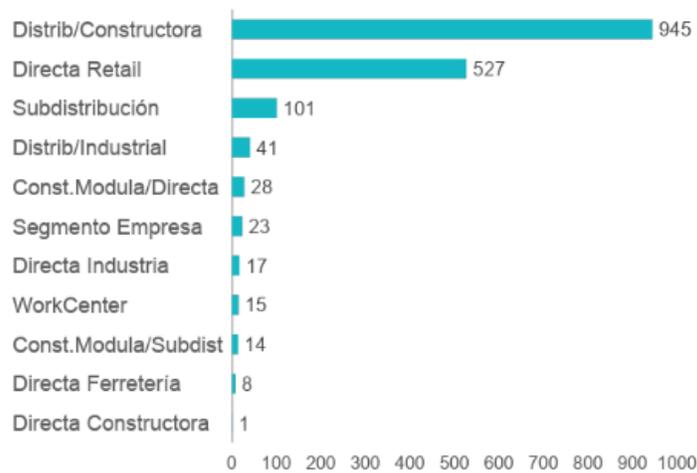


Figura 10: Pedidos pendientes por tipo de cliente (elaboración propia).

En primer lugar, se puede observar la cantidad de pedidos pendientes por tipo de cliente que hubo en el período 2022, sumando más de 1.500 pedidos, pero para realizar un análisis más certero, es adecuado desagregarlos por causa, como se puede apreciar en el siguiente gráfico específico para el área Retail (es más fácil activar una palanca de cambios en este segmento de clientes, pues el segmento Constructora, opera mayormente con crédito a futuro, según los expertos del negocio).

En el siguiente gráfico, se observa que en el periodo 2020, más 25% de los pedidos pendientes en Retail fueron por falta de stock o por logística, lo cual no es menor, considerando que Retail es el segmento que más distribuye productos de Volcán a lo largo de Chile, con su red de clientes como Sodimac o Easy.

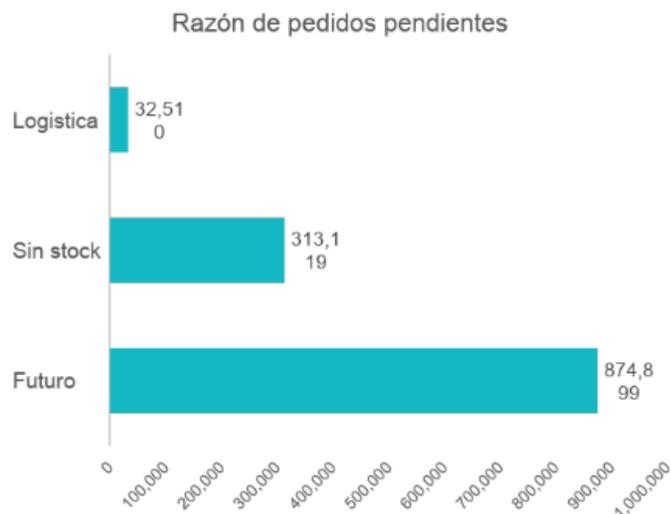


Figura 11: Pedidos pendientes en área Retail (elaboración propia).

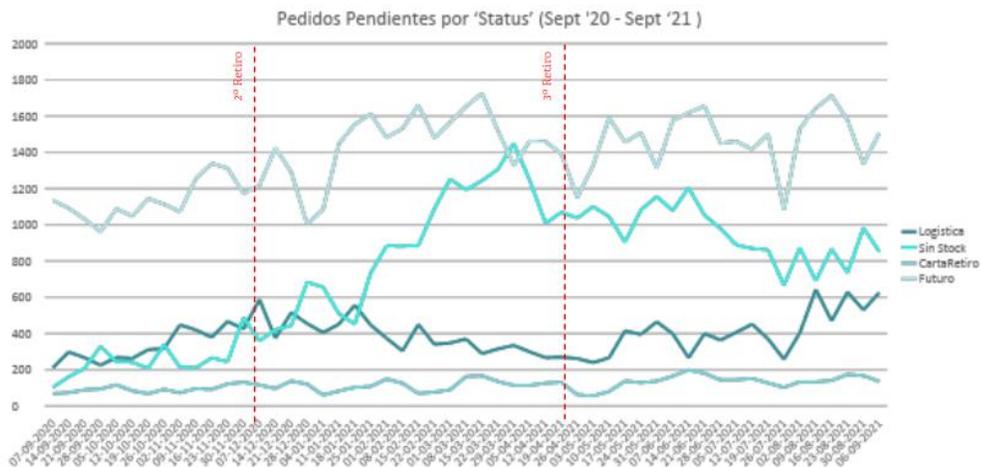


Figura 12: Serie temporal de pedidos pendientes 2020 – 2021 (elaboración propia).

En el gráfico de serie, se puede observar que el asunto de pedidos pendientes por logística o stock es un tema que es constante en el tiempo, que existe una brecha operacional para poder realizar el proceso de una forma más eficiente, y disminuir este dolor que puede significar posteriormente notas de crédito, anulaciones de ventas, mermas en la reputación organizacional, mala calidad de servicio y potencial fuga de clientes.

Para asegurarse, es conveniente analizar datos de notas de crédito segmentadas por grupo de cliente y por motivo.

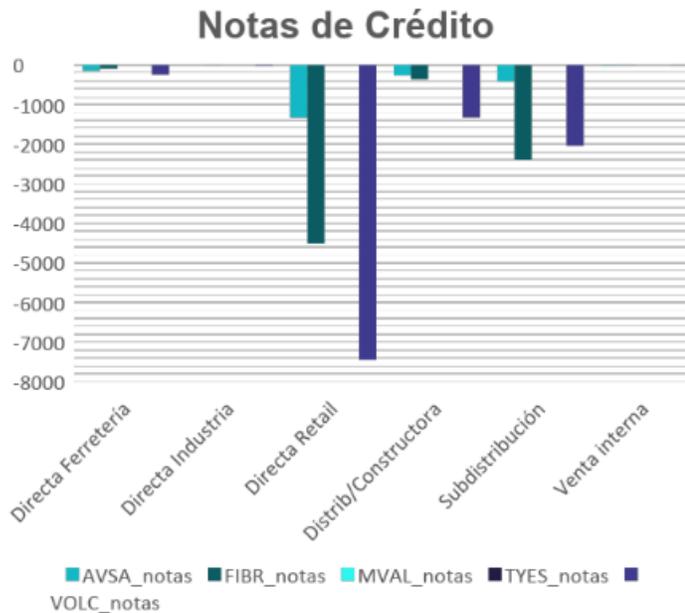


Figura 13: Notas de crédito por segmento cliente (elaboración propia).

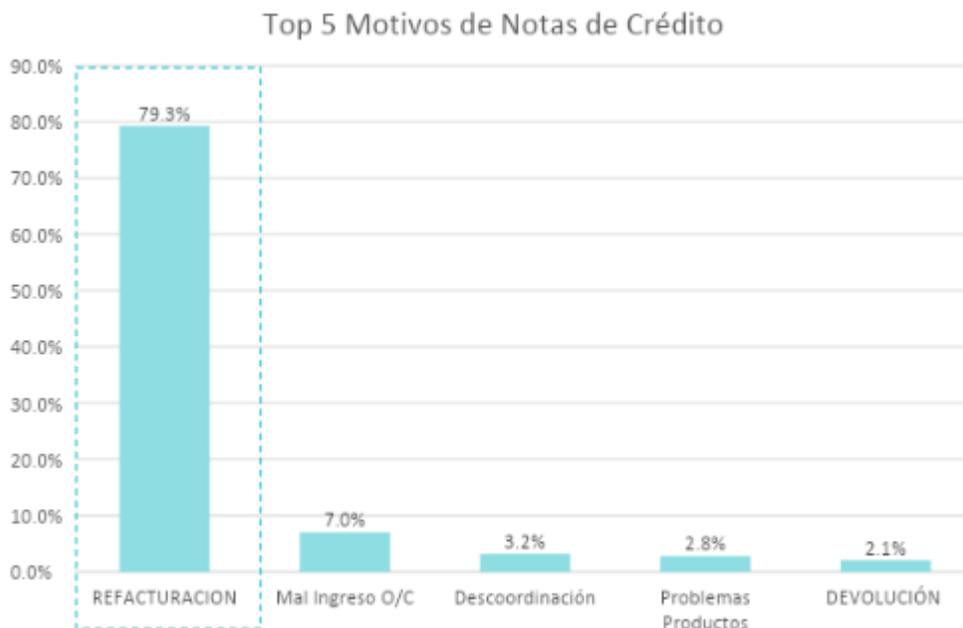


Figura 14: Top 5 motivos de Notas de Crédito 2020 (elaboración propia).

De las figuras presentadas, se puede visualizar que nuevamente los segmentos con mayores notas de crédito son los mismos que tienen mayores pedidos pendientes: Construcción y Retail, y cuando se explora en profundidad el motivo de la nota de crédito, sin considerar refacturación (es tema administrativo, no implican pérdidas), se ve que un gran porcentaje es por problemas logísticos relacionados a la operación y a los procesos.

Es más, según cálculos interiores en Volcán, se menciona que desde el 2018 al 2020 hubo 3.072 pedidos que se perdieron por falta de stock al mes, con un promedio de 635 mil pesos cada uno, lo que equivale a un total de 1.951 millones de pesos en venta perdida. Lo cual es bastante dinero que queda sobre la mesa por no gestionar y ejecutar correctamente los procesos involucrados.

Capítulo 4: Propuesta de rediseño de procesos

En este capítulo, se presenta la propuesta de rediseño de procesos de Volcán, con el objetivo de mejorar el proceso de estimación de demanda estudiado, que determinaba resultados imprecisos y que ocupaba una alta cantidad de horas de tiempo. Siempre tomado en cuenta el objetivo de disminuir la cifra de venta perdida de la empresa. Esta propuesta se estructura siguiendo las variables de diseño propuestas por Barros y también rediseñando el proceso en la notación BPM para denotar el cambio que se realiza a nivel de etapas y flujo.

4.1. DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE

En esta sección, se definen direcciones de cambio que permitirán guiar el rediseño de los procesos involucrados para alcanzar el objetivo propuesto, éstas nacen a partir de la estrategia, modelo de negocios, arquitectura y situación actual. Para ello, se utilizan las variables de diseño propuestas por [14].

4.1.1. Estructura empresa y mercado

Tabla 1: Variables de diseño – Estructura empresa y mercado (elaboración propia).

VARIABLE DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
a. Estructura empresa y mercado		
a.1 Servicio integral al cliente	sí	sí
a.2 Lock-in sistémico	sí	sí
a.3 Integración con proveedores	no	no
a.4 Estructura interna: centralizada o descentralizada	centralizada	centralizada, apoyada por modelos predictivos
a.5 Toma de decisiones: centralizada o descentralizada	centralizada, informada con métodos obsoletos	centralizada, informada con métodos modernos

4.1.2. Anticipación

Tabla 2: Variables de diseño – Estructura anticipación (elaboración propia).

VARIABLE DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
b. Anticipación		
b.1 Planificación de operaciones	sí	sí
b.2 Planificación de materias primas	sí	sí
b.3 Modelo predictivo	no	sí

4.1.3. Coordinación

Tabla 3: Variables de diseño – Coordinación (elaboración propia).

VARIABLE DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
c. Coordinación		
c.1 Reglas informales	sí	sí
c.2 Jerarquía	sí	sí
c.3 Colaboración	no	no
c.4 Partición	sí	sí

4.1.4. Prácticas de trabajo

Tabla 4: Variables de diseño – Prácticas de trabajo (elaboración propia).

VARIABLE DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
d. Prácticas de trabajo		
d.1 Nivel de automatización de lógica de negocios	sí	sí
d.2 Lógica de apoyo a actividades tácitas	sí	sí
d.3 Procedimiento de comunicación e integración	no	no
d.4 Lógica y procedimientos de medición de desempeño y control.	sí	sí, apoyada por herramienta de visualización

4.1.5. Integración de procesos conexos

Tabla 5: Variables de diseño – Integración de procesos conexos (elaboración propia).

VARIABLE DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
e. Integración de procesos conexos		
e.1 Proceso aislado	sí	sí
e.2 Todos o la mayor parte de los procesos de un Macroproceso	sí	sí
e.3 Dos o más macros que interactúan	no	no

4.1.6. Mantención consolidada de estados

Tabla 6: Variables de diseño – Mantención consolidada de estados (elaboración propia).

VARIABLE DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
f. Mantención consolidada de estados		
f.1 Datos propios	sí	sí
f.2 Integración con datos de otros sistemas de la empresa	sí	sí
f.3 Integración con datos de sistemas de otras empresas.	no	no

4.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4.2.1. Modelamiento de procesos TO BE (BPMN)

Para solucionar el problema, se propone modificar sutilmente el proceso de estimación de ventas mensuales, incorporando un modelo de predicción de venta que automatice ciertas actividades y ahorre hasta tiempo. El diagrama en BPMN es el que se muestra en la figura:

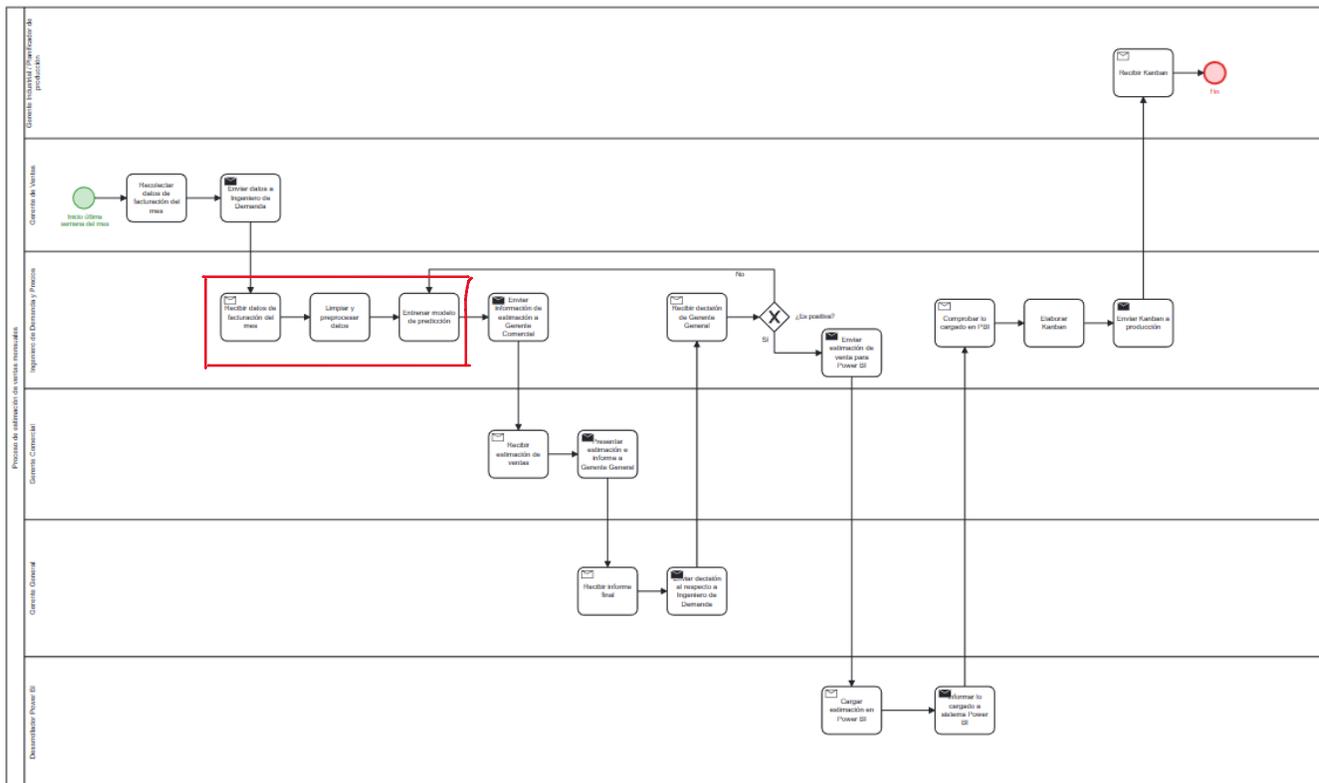


Figura 15: Proceso de estimación de ventas mensuales TO BE (elaboración propia).

Las actividades de la propuesta de rediseño son las siguientes:

1. Recopilación de datos: los gerentes de ventas y el subgerente de ventas recopilan información del mercado, como nuevas aperturas, obras en construcción, pedidos pendientes de facturar, incorporación de productos, tamaño de mercado y participación esperada por sector. Esta información se utilizará para entrenar el modelo de predicción de ventas.

2. Entrenamiento del modelo: se utilizarán técnicas de aprendizaje automático para entrenar el modelo de predicción de ventas. Los datos recopilados en la etapa anterior se utilizarán para entrenar el modelo y se realizarán pruebas para determinar su precisión y eficacia.

3. Generación de estimación de ventas: con el modelo de predicción de ventas entrenado, se generará una estimación de ventas trimestral. Esto se realizará automáticamente a través del modelo, eliminando la necesidad de una planilla Excel manual.

4. Revisión y coordinación: se realizará una revisión y coordinación de los números en la estimación de ventas generada por el modelo. Esto se realizará en un reporte en Power BI en lugar de en Qlikview.

5. Presentación y aprobación: se realizará una reunión entre el Gerente Comercial y el Gerente General para revisar y aprobar la estimación de ventas generada por el modelo de predicción. Si no se está de acuerdo con los números, se volverá a entrenar el modelo para generar una nueva propuesta.

6. Comunicación de la estimación de ventas: se informará a los equipos comerciales la estimación de ventas mensual a través de correo electrónico. Además, los gerentes y subgerentes de ventas informarán la meta trimestral de cada área en función de la estimación de ventas aprobada por el Gerente General.

7. Carga de la estimación de ventas en Power BI: el ingeniero de demanda y precios informará al subgerente de control de gestión y TIC y al desarrollador Power BI la estimación o pronóstico generado por el modelo, para que sea ingresado en Power BI en lugar de Qlikview.

8. Verificación de la información cargada: el ingeniero de demanda y precios comprobará que los datos cargados en Power BI correspondan a los datos informados en la estimación de ventas trimestral generada por el modelo de predicción.

9. Elaboración de Kanban: con la estimación de ventas definitiva y aprobada generada por el modelo, el ingeniero de demanda y precios elaborará el Kanban mensual y lo enviará por correo electrónico al Gerente Industrial y al Planificador de Producción.

10. Recepción de Kanban: el Gerente Industrial y el Planificador de Producción recibirán el registro de Kanban mensual generado por el ingeniero de demanda y precios y lo informarán al personal correspondiente después de su revisión.

4.2.2. Diseño de lógica de negocios

Con respecto a la lógica de negocios necesaria para rediseñar e implementar la modernización del proceso de predicción de ventas en la empresa Volcán, es imprescindible segmentarla en una serie de etapas consecutivas para otorgarle mayor claridad, como sigue a continuación:

- Comprensión del negocio y definición de objetivo en conjunto con los gerentes de las áreas involucradas, y así, estructurar las actividades necesarias para el desarrollo de los procesos que serán apoyadas por un modelo de predicción de demanda y un dashboard visual de resultados que permitirá a los agentes tomar decisiones basadas en datos, al mismo tiempo que disminuirá el tiempo utilizado en aquellas tareas.

- Recopilación y consolidación de datos históricos de demanda de materiales para la construcción, así como otros datos relevantes que puedan influir en la demanda, como datos económicos de los clientes, datos estacionales y lo necesario para consolidar un conjunto de datos representativo y completo para entrenar y validar el modelo de predicción. En esta etapa también se incluyen procesos de limpieza y preprocesamiento de datos.
- Análisis exploratorio de datos para identificar las variables relevantes que puedan afectar la demanda de materiales para la construcción, estas variables pueden incluir datos históricos de ventas, precios, promociones, eventos estacionales, condiciones económicas a nivel país, etcétera. Este análisis permite comprender la relación entre las variables y la demanda, además de ajustar posibles granularidades del set de datos.
- Modelamiento de la demanda con distintos modelos de machine learning que funcionan adecuadamente con series de tiempo, para posteriormente entrenarlo y poder evaluar resultados en la etapa siguiente.
- Evaluación del modelo, respecto a su precisión y rendimiento, utilizando métricas adecuadas como coeficiente de determinación R^2 o el error cuadrático medio RMSE. Es importante que de esta etapa se pueda concluir que el modelo tenga un rendimiento satisfactorio y que sea capaz de hacer predicciones precisas de la demanda futura.
- Integración del modelo predictivo en el proceso de estimación de demanda existente actualmente a través de herramientas tecnológicas en la nube, que permitirán también la automatización de sus ejecuciones para obtener las predicciones, y que idealmente puedan beneficiar las decisiones tomadas con esta información.

De esta forma, el proceso puede apoyarse en una herramienta tecnológica moderna y conseguir los beneficios buscados en el proyecto. Sin embargo, es importante mencionar que esta lógica debe enmarcarse en un proceso de monitoreo y mejora continua, para poder analizar regularmente el desempeño de la estimación. En ese sentido, se puede incluir la actualización del modelo con nuevos datos, la optimización de parámetros o la incorporación de nuevas variables que no se hayan incluido inicialmente, así, el proceso puede garantizar resultados cada vez más precisos.

Por otro lado, para apoyar el entendimiento y la comprensión conceptual de este tipo de desarrollos tecnológicos por parte de los usuarios, se propone el desarrollo de una herramienta visual que muestre los principales insights de los outputs del modelo, que mantenga un enfoque de negocios y que simplifique la abstracción necesaria para la posterior toma de decisiones.

Finalmente, pero no menos relevante, hay que tener en consideración la gestión del cambio y el reconocimiento de este proyecto como un esfuerzo importante por parte de los usuarios, que está alineado con los objetivos estratégicos de la organización y tiene el foco puesto en simplificarles y mejorarles su desempeño laboral.

Capítulo 5: Propuesta de apoyo tecnológico y propuesta de implementación

El presente capítulo expone la propuesta de arquitectura tecnológica que consta de todas las herramientas tecnológicas que permitirán la factibilidad de la propuesta de rediseño y, además, automatizará la ejecución de ciertas actividades del flujo que buscan producir una mayor velocidad del proceso. Más adelante, también se presenta detalladamente el desarrollo y especificaciones técnicas del prototipo funcional, parte crucial de este proyecto. Finalmente, también se muestra una propuesta de implementación en la organización, la cual contempla aspectos fundamentales de la gestión del cambio y mejora continua de la solución.

5.1. ARQUITECTURA TECNOLÓGICA

La arquitectura tecnológica para otorgar factibilidad al rediseño de procesos propuesto se conforma de una serie de componentes. Es importante mencionar, que todas las capas de datos, de sistemas, de software y de procesamiento de los distintos códigos, se realizan en servidores informáticos que están montados tanto on-premise como on-cloud. Gracias al avance tecnológico de las últimas décadas, hoy en día existe una serie de servicios en la nube, con proveedores gigantes como Amazon Web Services, Azure Microsoft y Google Cloud Platform, que simplifican notoriamente la velocidad de despliegue de cualquier solución tecnológica.

En este caso particular, hay que distinguir las distintas funcionalidades que deben resolver las tecnologías de la información en este proyecto:

1. Procesos de extracción, transformación y carga de datos.
2. Procesos de limpieza y procesamiento de datos para entrenar modelo de machine learning.
3. Entrenamiento de modelo y generación de predicciones.
4. Almacenamiento de predicciones.
5. Visualización de predicciones para tomar decisiones.

Para cada una de estas etapas, se escogió un software de la empresa Microsoft, dado que Volcán es partner de este gigante tecnológicos hace al menos dos años, cuando empezó su proceso de migración a la nube. Y, además, contar con servicios de esta calidad, garantiza su escalabilidad, seguridad, fiabilidad y eficiencia. Lo descrito se esquematiza de la siguiente forma:

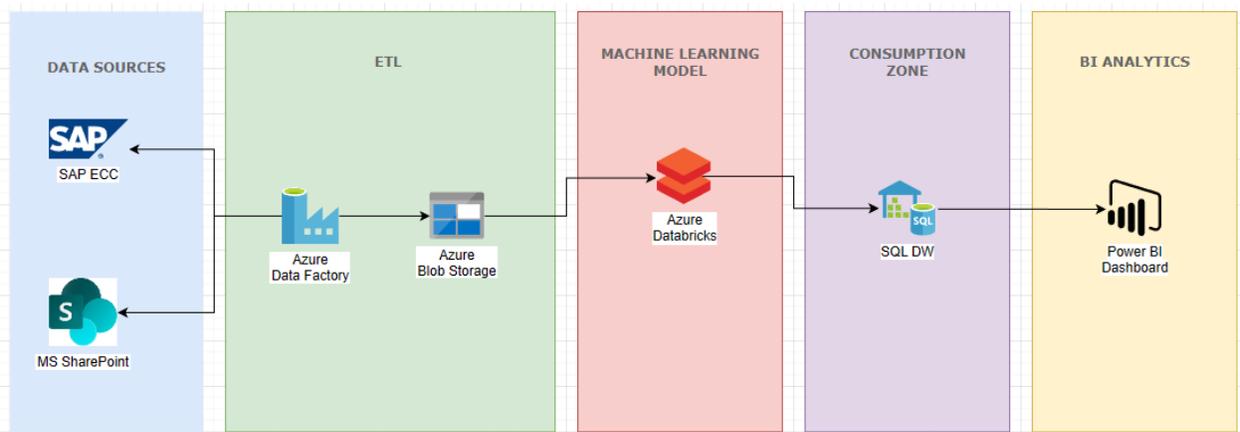


Figura 16: Diagrama de Arquitectura TI (elaboración propia).

Por lo tanto, los procesos de extracción, transformación y carga de datos quedan a cargo de un orquestador llamado Azure Data Factory, que posee conexiones nativas a fuentes de datos como SAP ECC (software bajo licencia que sirve para gestión empresarial, contratado por Volcán) y Microsoft SharePoint (software en la nube para compartir archivos y carpetas). Data Factory, posee funcionalidades potentes para hacer todo tipo de transformaciones y operaciones de datos, como cruces, filtros, rankings, creación de columnas, entre otras. Además, permite cargar los datos transformados en algún destino conveniente, como Azure Blob Storage, que es un servicio de almacenamiento.

Procesos como la limpieza de datos con enfoque de modelos predictivos, se dejan en Azure Databricks, que es un servicio para alojar y correr notebooks de Python u otros lenguajes de programación. Tiene el plus de que se puede configurar un clúster con capacidad de cómputo adecuada a las necesidades que se tengan, y este puede ser encendido solamente cuando se use, lo cual optimiza los costos también. Este clúster permite instalar librerías también, como Numpy, Pandas y Scikit Learn, que son las que se usan usualmente en minería de datos. El entrenamiento del modelo y generación de predicciones también van ligadas a este servicio.

Para que las predicciones puedan ser analizadas por usuarios, se almacenan en una base de datos tipo data warehouse, con un enfoque analítico en lugar del tradicional enfoque transaccional de las bases de datos relacionales. Mantener estos datos ordenados y con valor de negocio permite consumirlos por ejemplo desde un reporte de visualización de datos o bien, de otro modelo que las desee ocupar como input.

Finalmente, para la visualización de los datos, se construye reportería en la herramienta Power BI, que es uno de los softwares líderes en ese mercado, seguido por Tableau y QlikView. Su uso es bastante intuitivo y permite que los stakeholders puedan entender los datos de forma fácil y tomar las decisiones lo más informadas posibles, el cuál es uno de los propósitos centrales de este proyecto.

5.2. PROTOTIPO FUNCIONAL

5.2.1. Comprensión del negocio

En primera instancia, es necesario tener adoptadas las definiciones de negocio que guiarán el desarrollo de la solución propuesta, que, en este caso, es un modelo de machine learning que tiene por objetivo predecir la demanda para Volcán bajo ciertas agrupaciones detalladas más adelante.

Por una parte, dentro de los usuarios del modelo, están las personas a cargo del área comercial, que necesita contar con predicciones a nivel de grupo de cliente y familia de productos para 3 meses en el futuro, y del otro lado, están las del área de supply chain, que requiere de un modelo capaz de predecir a 6 meses con una granularidad más fina para poder realizar una compra de materiales de forma oportuna. Esto porque existen productos que tienen lead-times muy altos donde tres meses de anticipación no es suficiente.

El principal uso de este modelo es apoyar en la gestión de las ventas en el área comercial y en la toma de decisiones relativa a la compra de materias primas para el área de supply chain.

5.2.2. Comprensión de los datos

Existen dos fuentes principales de datos en Volcán que son de interés para la predicción de demanda. La primera son reportes de QlikView que tienen datos procesados para el análisis, y la segunda es SAP, la cual es la fuente principal que alimenta a los reportes de QlikView en conjunto con algunos datos que se manejan manualmente (planillas de Excel principalmente). La principal tabla de este análisis son las facturas. La cual cuenta con una historia completa del año 2018 a 2021. Contiene registros individuales con información del producto, solicitante y destinatario asociado a cada factura. Al levantar los usos del modelo predictivo, se determinó que interesa generar predicciones mensuales, por lo que el análisis de los datos está a ese nivel de granularidad temporal en cuanto a ventas. Revisando los datos, se encontraron facturas asociadas a ítems que no se venden a clientes, por lo que se definen varios filtros de negocio, y adicionalmente, se realiza una limpieza de los datos para eliminar notas de crédito, anulaciones de venta y datos con errores. En cada paso, se analizan los cambios y se levantan insights descritos en las siguientes secciones. La exploración de datos se divide en un análisis para los datos del año 2021 y luego en un análisis temporal que incluye los últimos años de información histórica. A continuación, las principales columnas en base a las que se agruparon las ventas:

Tabla 7: Principales columnas en base a las que se agruparon las ventas según las necesidades indicadas por el área comercial (elaboración propia).

COLUMNA	DESCRIPCIÓN
Genérico GC2	Denominación del grupo de cliente al que pertenece el solicitante.
Solicitante	Identificador del cliente que realiza la compra

	(no es necesariamente el destinatario).
Sector	Identificador de la familia de materiales.
Material	Identificador del producto que se está vendiendo.

5.2.3. Limpieza de los datos

Al revisar los datos, se encuentran algunos registros de materiales que corresponden a servicios, ventas entre sociedades de Volcán, ventas de exportación y también ventas que a priori parecen no ser relevantes para la modelación, por lo tanto, se definen filtros en conjunto con las personas de Volcán, los cuales se resumen a continuación:

Tabla 8: Descripción de reglas de negocio que se utilizan para filtrar facturas previo al análisis descriptivo de datos (elaboración propia).

FILTRO	OBSERVACIÓN	COLUMNA
Anulaciones	Se eliminan aquellas filas que representan anulaciones a facturas emitidas previamente, en base a un cruce con archivo plano provisto por Volcán.	
Facturas anuladas	Se eliminan aquellas facturas que fueron anuladas por otra, en base a un cruce con archivo plano provisto por Volcán.	
Sector común	Facturas que no están asociadas directamente a una venta (encarpe, compra de tinta, papel, otros servicios)	Sector = 00
Pallets y fletes	Movimientos logísticos o complementos de venta, asociados al costo del transporte de un producto y no a la demanda de este.	Sector = 90 Sector = 95
Notas de crédito		Nota de crédito distinto de 0
Filtro cero	Se filtran las facturas que tienen el valor cero en unidades vendidas, cantidad facturada y monto de nota de crédito.	Cantidad Facturada Transformada = Facturación = Notas de crédito = 0
Exportaciones	Facturas asociadas a ventas de exportación.	Grupo Cliente = 12
Venta interna	Facturas asociadas a venta entre sociedades de Volcán. Además del identificador del grupo de cliente que agrupa estas ventas, se utiliza una lista de clientes provista por Volcán.	Grupo Cliente = 13

Al aplicar los filtros descritos anteriormente, se reduce el conjunto al universo de ventas que interesa predecir para el negocio, y se pasa de un total facturado de CLP 572,22 MM a un total de CLP 508,43 MM detallado en la siguiente tabla, que representa un 89.85% del total inicial para los últimos 4 años.

Tabla 9: Totales luego de limpiar los datos en base a tabla anterior (elaboración propia).

	N° clientes	N° productos	Ventas	Unidades
Facturación sin filtros	3360	2156	\$572.222.310.581	1.932.960.267
Facturación con filtros	3172	1746	\$508.428.340.386	344.663.346

5.2.4. Análisis exploratorio de datos

El análisis a continuación se realiza con los filtros de la sección anterior ya aplicados. En primer lugar, se muestran los datos con sus estadísticas principales para todos los registros y luego se genera un análisis enfocado en los principales productos, grupos de cliente y familias de producto dado que el modelo utiliza esta granularidad de información.

Ventas Anuales:

Al observar las ventas anuales de Volcán, se puede ver que ha habido una fuerte alza en los últimos 2 años, y un crecimiento del 60% si comparamos las ventas de 2021 con las de 2018 como se ve en la siguiente tabla. El alza del 28.8% entre 2020 y 2021 podría explicarse por retrasos en proyectos inmobiliarios que se retomaron hacia finales de 2020.

Año	Ventas (miles de MM)	Diferencia (miles de MM)	Diferencia %
2018	105.24	-	-
2019	107.38	2.14	1.99%
2020	123.0	15.62	12.70%
2021	172.81	49.82	28.83%

Figura 17: Venta anual de Volcán (elaboración propia).

En el gráfico a continuación, se muestran los montos de las ventas por mes a partir de enero 2018 a diciembre 2021, en donde se puede ver el aumento explosivo de las ventas al término de las cuarentenas.



Figura 18: Venta mensual de Volcán entre 2018 y 2021 (elaboración propia).

Al superponer la venta anual podemos ver que todos los años, a excepción del 2020, tienen un comportamiento similar a lo largo del año. El comportamiento distinto de 2020 se puede atribuir a pandemia y cuarentenas. Se aprecia una caída en las ventas entre marzo y agosto de 2020, donde hubo peaks de restricciones. La venta mensual promedio en los mismos meses de pandemia para 2019, fueron más elevadas, a pesar de que en 2020 se vendió un 15% más (CLP 9.07 MM vs CLP 8.05 MM), lo que muestra el gran impacto que tuvo este período en las ventas de Volcán. Al finalizar este período, se ve cómo explotan las ventas en los 3 meses posteriores y se mantienen hasta finales de 2021.

Al superponer las ventas anuales, se pueden ver tres peaks en las ventas para meses cercanos a fechas importantes:

- Marzo: período de vuelta de vacaciones.
- Agosto: mes previo a las fiestas patrias.
- Noviembre: mes previo a navidad y las fiestas de fin de año.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, se ven indicios de que existe una estacionalidad en la venta de Volcán que el modelo podría aprovechar muy bien. El único año que se comporta diferente al resto es 2020, pero, aun así, presenta peaks en Marzo y Noviembre.

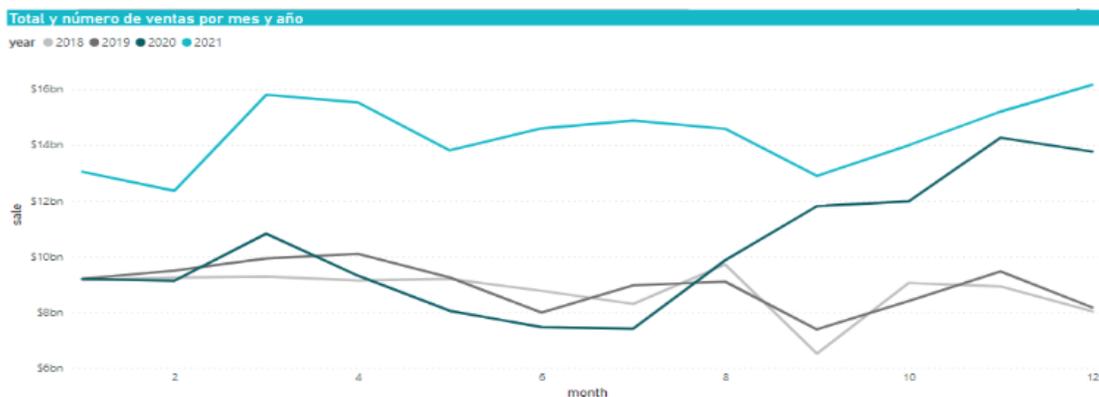


Figura 19: Venta mensual superpuesta de Volcán entre 2018 y 2021 (elaboración propia).

A continuación, se muestra un análisis a mayor detalle, estudiando las ventas a distintos niveles de granularidad, los principales son el análisis a nivel grupo de cliente y familia para las necesidades del área Comercial, y a nivel SKU por el área de Supply Chain.

Grupos de Clientes:

Como se mencionó anteriormente, existen 2 agrupaciones de clientes en Volcán. Al área comercial le interesa la venta de los grupos de clientes más genéricos (sin apertura por venta directa o por subdistribución). En la siguiente figura, se puede observar que los principales son Constructoras, Retail y finalmente, Ferretería - Subdistribución. Estos 3 grupos acumulan un 93.67% de las ventas de 2021. El 6.33% restante está atomizado en las categorías restantes con un volumen de venta mucho menor para cada una.

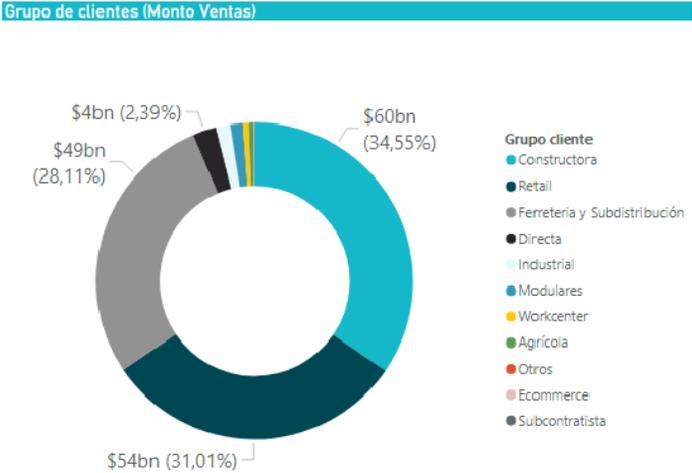


Figura 20: Distribución de ventas según grupo de clientes para 2021 (elaboración propia).

En la sección anterior, se puede apreciar cómo las ventas crecieron en 2020 postpandemia; al analizar las ventas de las principales familias entre 2018 y 2021, se observa que la explosión general de la venta se debe a estos grupos. Todos tuvieron un crecimiento elevado siendo Retail el grupo de clientes con mayor alza (22%) y Ferretería - Subdistribución con la menor alza de solo un 10%.

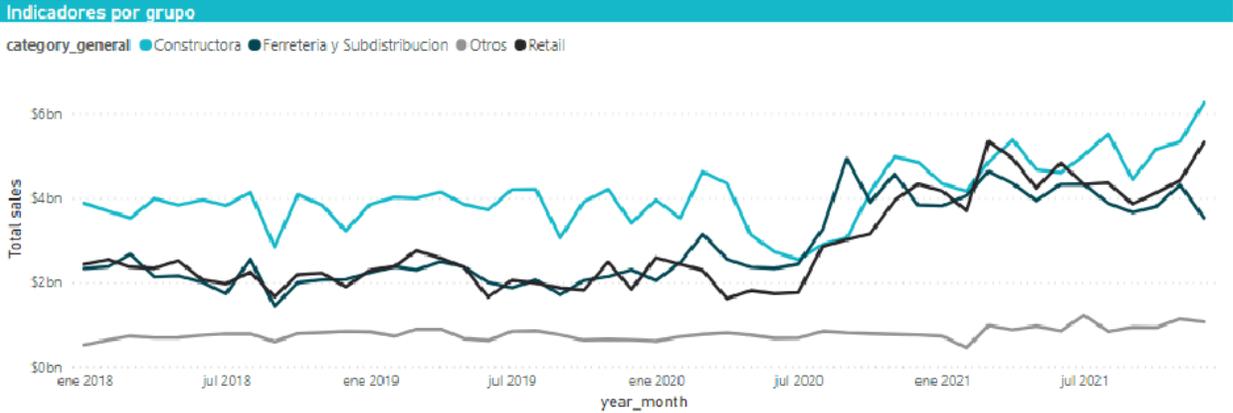


Figura 21: Distribución de ventas según los principales grupos entre 2018 y 2021 (elaboración propia).

Si se comparan las ventas de los principales grupos de cliente con los 4 grupos de clientes secundarios que más venden (figura siguiente), se ve que el comportamiento de las ventas es completamente distinto y no se aprecia una tendencia al alza clara con respecto a meses anteriores, incluso, las ventas de los clientes agrícolas bajaron. Esto puede afectar el desempeño del modelo predictivo ya que parte de lo que intenta aprovechar son las estacionalidades y tendencias de los datos para generar las predicciones.



Figura 22: Distribución de ventas según los principales grupos entre 2018 y 2021 (elaboración propia).

Sectores:

Al visualizar la venta en base a los sectores de productos, es posible notar que nuevamente, se concentra en un número reducido de categorías. Como se puede apreciar en el gráfico que sigue. En particular, hay 3 sectores que acumulan el 81.01% de las ventas: volcanitas, fibrocementos y aislantglass. Por lo tanto, juntando este hallazgo con la información ya obtenida, se puede deducir que los principales grupos de clientes concentran la venta un grupo reducido de familias.

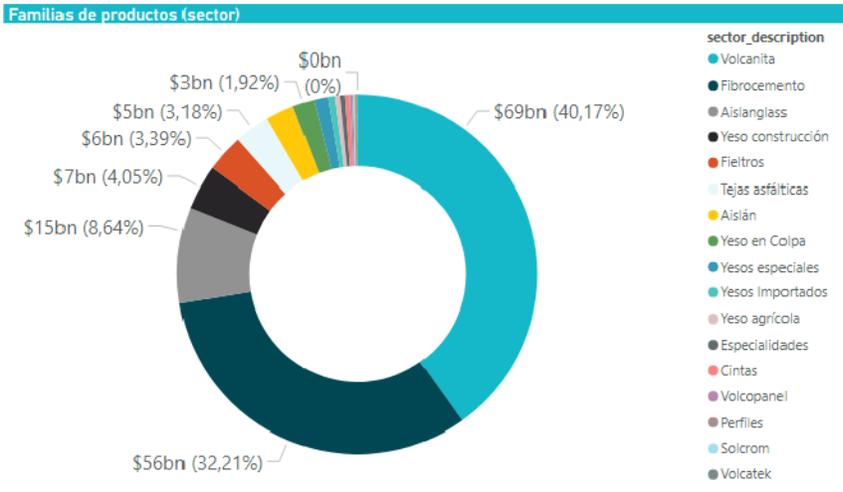


Figura 23: Distribución de ventas según familias de productos 2021 (elaboración propia).

Dado que las principales familias de productos concentran el grueso de la venta de Volcán, era de esperarse que mostrarán un alza de ventas a partir de la mitad del 2020, como se puede ver

en el gráfico que sigue, siendo las más notorias la de la familia de volcanitas y fibrocementos, que experimentaron aumentos de 21.38% y 16.56% en sus ventas, respectivamente entre 2020 y 2021.

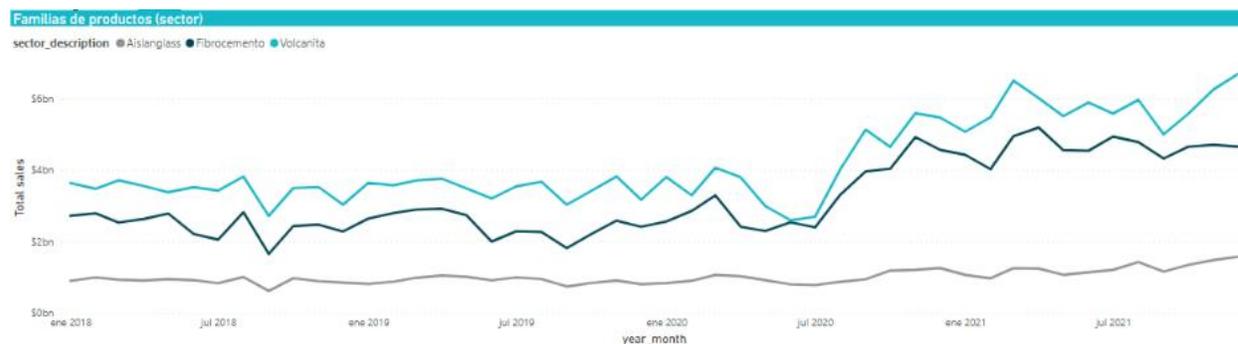


Figura 24: Venta mensual para las 3 familias principales de Volcán entre 2018 y 2021 (elaboración propia).

Productos SKU:

Al llegar al nivel de granularidad más bajo, se observan 1746 productos distintos, de los cuales 61 representan el 90% de las ventas totales en 2021. En la siguiente tabla, se presentan los productos con al menos un 1% de venta en 2021, estos 18 productos concentran más del 70% de las ventas de la compañía y son principalmente productos de la familia de volcanitas. Es clave notar que el 19.9% de la venta total del año la concentra el producto VOLCANITA ST BR 10 x 1.2 x 2.4, entonces, el modelo predictivo debe generar buenas predicciones para este producto o en su defecto, para su sector. El segundo producto más importante es VOLCANBOARD SIDING 6x19x366, perteneciente a la familia de los fibrocementos, pero con una porción de ventas bastante menor (8.07%).

	% venta	% acumulado	Venta	% unidades
VOLCANITA ST BR 10 x 1,2 x 2,4	19,91%	19,91%	34.405.793.464	23,89%
VOLCANBOARD SIDING 6x19x366	8,07%	27,98%	13.944.780.620	4,36%
VOLCANITA ST BR 15 x 1,2 x 2,4	6,34%	34,32%	10.962.402.743	5,84%
VOLCANBOARD 4mm x 1,2 x 2,4	5,68%	40,00%	9.822.676.211	4,43%
VOLCANBOARD 6mm x 1,2 x 2,4	5,57%	45,57%	9.617.354.014	3,48%
VOLCANBOARD 5mm x 1,2 x 2,4	4,62%	50,19%	7.983.775.663	3,11%
YESO SUPER SACO 25 KGS.	3,65%	53,84%	6.314.308.891	1,88%
VOLCANITA RH BR 12,5 x 1,2 x 2,4	2,99%	56,83%	5.172.233.642	19,50%
FIELTRO ASFALTICO 10/40	2,17%	59,00%	3.752.141.981	1,35%
VOLCANBOARD 8mm x 1,2 x 2,4	2,09%	61,09%	3.615.139.982	1,05%
VOLCANBOARD CERAMICA 6 x 1,2 x 2,4	2,04%	63,13%	3.523.957.037	1,27%
COLPA CHANCADA	1,92%	65,05%	3.325.587.623	1,63%
VOLCANITA RH BR 15 x 1,2 x 2,4	1,82%	66,87%	3.151.031.577	1,40%
VOLCANITA ST BB 8 x 1,2 x 2,4	1,60%	68,47%	2.759.089.603	1,01%
ROLLO LIBRE 50MM R100/122 1.2X24	1,33%	69,80%	2.293.433.645	0,99%
TEJA ASFALTICA XT25 MOIRE BLACK AR	1,29%	71,09%	2.226.777.438	1,28%
ROLLO LIBRE 40MM R100/94 1.20X24.00	1,11%	72,20%	1.926.850.558	1,13%
VOLCANITA RF BR 12,5 x 1,2 x 2,4	1,07%	73,27%	1.848.266.261	0,96%

Figura 25: Productos con al menos un 1% de venta en 2021 (elaboración propia).

Como se puede observar en la siguiente tabla, el principal producto de Volcán se vende en su mayoría a clientes del área de Retail, Ferretería - Subdistribución y Constructoras, siendo el más importante Sodimac S.A por un gran margen.

Indicadores por gc2 y maestro clientes			Indicadores por gc2 y maestro clientes		
product_description	total sales	% sale	product_description	total sales	% sale
☐ VOLCANITA ST BR 10 x 1,2 x 2,4	34.405.793.464	100,00%	☐ VOLCANITA ST BR 10 x 1,2 x 2,4	34.405.793.464	100,00%
☐ Retail	14.792.240.637	42,99%	☐ Sodimac S.A.	15.067.957.405	43,79%
☐ Ferretería y Subdistribución	10.763.229.137	31,28%	☐ Easy Retail S.A.	3.690.954.929	10,73%
☐ Constructora	8.758.095.188	25,46%	☐ Construmart S.A.	3.355.121.833	9,75%
☐ Workcenter	46.514.311	0,14%	☐ Ebema S.A.	2.964.848.777	8,62%
☐ Industrial	13.618.648	0,04%	☐ Materiales y Soluciones S.A.	2.691.381.819	7,82%
☐ Otros	11.759.871	0,03%	☐ Chilemat SPA	2.094.328.053	6,09%
☐ Modulares	9.995.937	0,03%	☐ Ferrobalt Ltda.	1.553.093.985	4,51%
☐ Directa	8.551.296	0,02%	☐ Prodalam S.A.	1.456.040.479	4,23%
☐ Ecommerce	1.493.037	0,00%	☐ Electrocom S.A.	587.271.621	1,71%
☐ Agrícola	295.402	0,00%	☐ Imperial S.A.	312.998.570	0,91%

Figura 26: Detalle de la venta para VOLCANITA ST BR 10 x 1.2 x 2.4 en 2021 (elaboración propia).

A pesar de que existe un gran mix de productos en Volcán, al analizar las facturas entre 2018 y 2021, solamente 908 productos tienen ventas en el último año, y de ellos, 267 comenzaron a vender en el mismo según los datos analizados. En otras palabras, existen varios productos que cambiaron de SKU o dejaron de venderse. En particular, hay 273 que se vendieron por última vez en 2018 y representan un 0.17% de la venta total entre los años analizados.

Cientes:

Analizando los principales clientes de Volcán, se observa que los 5 más grandes concentran el 73.19% de las ventas totales del año 2021, equivalente aproximadamente a CLP 126 MM. Mientras que los otros 1728 clientes concentran solamente un 26.81% del total. Es importante notar que más de un tercio de la venta de la empresa proviene de un único cliente.

	sale	%GT sale
Sodimac S.A.	\$58.245.829.345	33,74%
Easy Retail S.A.	\$20.781.671.919	12,04%
Construmart S.A.	\$19.317.732.435	11,19%
Ebema S.A.	\$16.434.850.722	9,52%
Materiales y Soluciones S.A.	\$11.568.772.223	6,70%
Otros	\$46.278.632.743	26,81%
Total	\$172.627.489.387	100,00%

Figura 27: Venta total por cliente en 2021 (elaboración propia).

5.2.5. Construcción de conjuntos

Durante esta etapa, se generaron varios conjuntos de datos a distintos niveles de granularidad de venta, pero manteniendo siempre una granularidad temporal mensual. Estos conjuntos son los siguientes: 1. Producto, 2. Grupo Cliente - Sector, 3. Grupo Cliente - Producto, 4. Subfamilia. Cada uno, está compuesto por varias series, que son simplemente un subconjunto de datos. Por ejemplo, en el conjunto de productos, cada serie corresponde a las ventas históricas

de un producto en particular. En el conjunto de Grupo Cliente - Sector, una serie corresponde a las ventas de esa agrupación. Luego de generar esos conjuntos, se exige para cada uno que las series tengan mínimo 2 ventas en el último año antes de ser modeladas, debido a que si no poseen ventas hace más de un año, no tiene sentido intentar predecir esos valores ya que es probable que el modelo genere predicciones cercanas a cero en todos los casos. Adicionalmente, se rellenan los meses en que las series no tenían venta con ceros.

5.2.6. Modelamiento

Existen varios modelos que permiten generar predicciones de demanda, desde modelos simples como regresiones lineales hasta modelos más complejos como redes neuronales. El tipo de modelo a ser utilizado depende principalmente de tres factores: la necesidad del negocio, el tipo de datos y la calidad de ellos. Debido a que la granularidad de los datos es mensual y que solamente se cuenta con 48 datos por cada serie, automáticamente se descartan los modelos más complejos, ya que estos están altamente parametrizados y al contar con tan pocos datos tienden a memorizar la historia y perder capacidad de generalización.

Debido a lo anterior, se decide comenzar utilizando modelos autorregresivos de la familia de las Series de Tiempo, y a futuro puede ser un desafío interesante probar modelos regresivos más complejos como árboles de decisión, random forest o support vector machines, entre otros. Los modelos de series de tiempo son relativamente sencillos de implementar, y son capaces de aprender de la historia aprovechando fenómenos como la estacionalidad de las ventas y tendencia, entre otros. También responden a la necesidad de negocio levantada, Volcán necesita predecir la demanda mensual, y como los datos de venta son secuenciales, se pueden ver como una serie de tiempo (o varias) que este tipo de modelos pueden predecir. Cualquier fenómeno que se observa de manera secuencial es una serie de tiempo, y el objetivo de los modelos de esta familia es predecir cómo se comportará en el futuro. Los modelos más sencillos de series de tiempo solamente utilizan información de la variable que se quiere predecir, en este caso, la venta de un producto, o de una familia de productos para un grupo de clientes en particular. Pero dentro de esta familia de modelos, existen varios capaces de incorporar información adicional de alguna variable exógena que también se comporte de forma secuencial.

En esta etapa, se prueban modelos que solamente utilizan información de la variable que se quiere predecir, pero se deja planteado el desafío de utilizar modelos más complejos en un futuro, en caso de contar con drivers externos que sean prometedores y potencialmente puedan mejorar las predicciones.

Para cada prueba realizada, se entrenan 8 modelos distintos por cada serie, y se selecciona el con mejor desempeño en cada caso. Esto porque un mismo modelo no siempre es el adecuado para todas las series. Hay veces en que la estacionalidad es el factor principal, otras en que la tendencia es lo más importante y también puede ocurrir que existan ciclos independientes del calendario que son más relevantes entre otros.

Los meses predichos en esta fase de prueba fueron octubre, noviembre y diciembre de 2021, y los resultados se presentan en la siguiente sección.

5.2.7. Resultados obtenidos

Esta sección describe las pruebas realizadas para poder determinar la factibilidad de realizar predicciones en base a la demanda de Volcán. Para ello, se utilizaron los conjuntos de datos armados y modelos señalados en la sección anterior. Las pruebas descritas se centran en validar la factibilidad de generar predicciones, determinar su calidad a distintos niveles de granularidad y analizar cómo les afecta el horizonte de predicción.

La calidad de las predicciones se mide en base a dos métricas sencillas: 1. El error neto porcentual promedio, y 2. El error neto porcentual ponderado. A pesar de que las predicciones generadas son mensuales, se mide el error neto promedio y ponderado ya que la planificación de Volcán es a largo plazo. Por lo que no es tan relevante el error mes a mes, sino que el total en el horizonte requerido. Para cada serie se calcula el error neto porcentual de la siguiente manera:

$$EN_s = 100 \cdot \frac{\sum_m^M |predicción\ serie\ s_m - venta\ serie\ s_m|}{venta\ serie\ s}$$

Donde m es el mes predicho y s es la serie que se está prediciendo. Luego de calcular el error para todas las series de un conjunto, se calcula el error promedio EN_{avg} y el error ponderado EN_w . El error promedio es simplemente el promedio de todos EN_s y nos ayuda a entender si el modelo está teniendo un buen desempeño en todas las series modeladas.

$$EN_{avg} = \frac{1}{|S|} \sum_s^S EN_s$$

Y el error neto ponderado es el error de cada serie, pero ponderado por el porcentaje de venta (Sp_s) de cada una, y nos ayuda a entender cómo se comporta el modelo en los productos más relevantes para Volcán:

$$EN_w = \sum_s^S EN_s \cdot Sp_s$$

Además de las dos métricas de error anteriores, se usa una tercera métrica llamada $sMAPE$ promedio para seleccionar los mejores modelos. Esta métrica a diferencia del neto se calcula en base al error de cada mes predicho en lugar del total se la siguiente forma:

$$sMAPE_s = 2 \cdot 100 \cdot \frac{1}{|M|} \sum_m^M \frac{|predicción\ serie\ s_m - venta\ serie\ s_m|}{(predicción\ serie\ s_m + venta\ serie\ s_m)}$$

Es básicamente el error medio absoluto porcentual, pero con una corrección para evitar que se indefina cuando la venta real es cero.

5.2.7.1. Construcción de conjuntos

Idealmente, el modelo debe generar predicciones a un nivel de granularidad lo suficientemente alto como para poder sumar los resultados en base a la granularidad requerida, y

así evitar tener que generar 2 modelos independientes que den totales distintos. Esta granularidad sería la del conjunto Grupo Cliente – Producto. Si se obtuvieran predicciones a este nivel, basta agruparlas por sector para cada grupo de clientes y con eso se obtendría el nivel de predicción requerido por el área comercial. Del mismo modo, al agrupar las predicciones de un producto para todos los clientes y sumarlas, se obtendría el nivel de granularidad requerido por al área de supply chain.

El problema de esto es que mientras más granular es el conjunto, más difícil es para el modelo generar predicciones de calidad pues los datos se diluyen y los errores tienden a aumentar. Como se puede observar en los resultados obtenidos de la siguiente tabla, el nivel de mayor granularidad (Grupo Cliente – Producto) tiene un error mucho más alto que predecir directamente lo que cada área requiere. Por lo tanto, se decide desarrollar modelos distintos por área con tal de mantener el menor error posible para cada una. Siendo un modelo que consume datos agrupados a nivel de Grupo Cliente – Sector para el área Comercial y un modelo a nivel Producto para el área Supply.

	% Error neto ponderado	% Error neto promedio
Grupo Cliente - Sector	7,9%	6,8%
Producto	13,2%	33,7%
Grupo Cliente - Producto	24,8%	46,42%
Sub-Familia	5,7%	9,6%

Figura 28: Error del modelo según distintas granularidades (elaboración propia).

Adicionalmente, se crea un modelo a nivel de granularidad de Sub-Familias. Esto pues el área Supply utilizará las predicciones para gestionar la compra de materias primas, y una alternativa a agrupar productos en base a sus materias primas, es agruparlo en base a sus subfamilias, según lo sugerido por Volcán. A pesar de que las predicciones a nivel producto son útiles para Volcán, tienen un nivel muy alto de granularidad más alto del necesario, y, por lo tanto, sufren de un error mayor. En cambio, utilizando las subfamilias el error es mucho más bajo y permitiría gestionar mejor la compra de materiales si efectivamente los productos de una misma subfamilia se componen por materias primas similares.

Es importante mencionar que las predicciones a 3 meses vs 6 meses no son las mismas ya que, dependiendo de la historia que se alcanza a analizar, puede cambiar el modelo con mejor desempeño, o puede cambiar la predicción si es que el modelo le da más peso a la historia reciente.

Como se puede ver en la siguiente figura, hay casos en que la predicción a 3 meses puede diferir bastante de la predicción a 6 meses como pasa para el producto B, donde las predicciones a 6 meses sobreestiman demasiado la venta real al predecir un alza antes de que ocurra, y el modelo de 3 meses mantiene un error bajo debido a que subestima en un punto, pero compensa sobreestimando en otro. En el caso del producto A, ocurre lo contrario, ambas predicciones son

bastante similares, pero sobreestiman los últimos 2 meses, y el modelo de 6 meses subestima la mayoría de los puntos.



Figura 29: Predicción a 6 y 3 meses para dos subfamilias (elaboración propia).

Los puntos oscuros y claros son las predicciones a 6 y 3 meses respectivamente. La línea es la venta del producto:

- A. Fibro liso 4, 5, 6 y 8 mm (19.80% de venta): Error neto de 9.02% y 0.12% a 6 y 3 meses respectivamente.
- B. Teja Asfáltica (3.16% de venta): Error de 19.33% y 9.44% a 6 y 3 meses respectivamente.

Algunos de estos problemas se pueden solucionar realizando ajustes post predicción, por ejemplo, si un modelo tiende a subestimar o sobreestimar, se puede calcular el valor promedio por el que se equivoca y sumarlo o restarlo dependiendo de cuál sea el caso para mejorar el desempeño.

5.2.7.2. Horizonte de tiempo

Como se ha mencionado en secciones anteriores, las distintas áreas que cumplen el rol de usuario de este modelo de predicción poseen distintas necesidades en cuanto al horizonte temporal; el área Comercial busca predicciones a 3 meses para gestionar las ventas y el área Supply Chain, a 6 meses, pues hay productos que tienen lead-times muy altos, entonces 3 meses de anticipación es insuficiente.

La siguiente tabla, muestra que los errores de las predicciones a nivel producto aumentan a más del doble cambiando el horizonte de tiempo de 3 a 6 meses, pasando a un error ponderado del 22.7% y un error promedio de 86.0%, lo cual no es aceptable. Sin embargo, los modelos de menor granularidad logran un error controlado, como se puede ver en el caso de las Sub-Familias, que como se mencionó anteriormente, puede ser un buen reemplazo para que Supply Chain gestione las compras de los materiales cuando se requieran predicciones a 6 meses.

	Error a 3 Meses	Error a 6 Meses
Grupo Cliente-Sector	7,9%	8,9%
	6,8%	8,5%
Producto	13,2%	22,7%
	33,7%	86,0%
Sub-Familia	5,7%	12,5%
	9,6%	9,3%

Figura 30: Error del modelo según horizonte de tiempo de 3 y 6 meses (elaboración propia).

- Error neto porcentual ponderado
- Error neto porcentual promedio

Por otro lado, un buen insight de estos resultados, es que los errores del modelo para Grupo Cliente – Sector, se mantienen relativamente estables cuando el horizonte es de 6 meses, por lo tanto, el área Comercial se podría ver beneficiada de esta predicción en caso de requerirla para algún caso de negocio.

Los resultados anteriores son preliminares, y muestran cómo pueden variar los errores según las diferentes combinaciones de granularidad y horizonte temporal, para poder luego entender y definir cuáles son los mejores usos de negocio que se pueden levantar desde esta herramienta.

5.3. VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS

Para que los usuarios finales puedan hacer un buen uso de un modelo de predicción, es sumamente importante garantizar una interpretación fácil de los resultados, o bien llamados outputs del modelo. Para ello, en este proyecto de tesis y para cumplir el objetivo de diseñar una herramienta visual que muestre los resultados del modelo, se propone la construcción de un dashboard interactivo que muestre la información con un enfoque de negocios, donde los principales hallazgos e insights sean fáciles de identificar por los tomadores de decisión. Los gráficos más importantes son los siguientes:

- Error de predicción de modelo, calculado como la diferencia porcentual entre las ventas reales con la predicción realizada por el modelo para el mes anterior. Esta métrica permite observar el desempeño general del modelo, para asignar un primer input a la confianza que puede tener el tomador de decisiones acerca de las métricas siguientes.

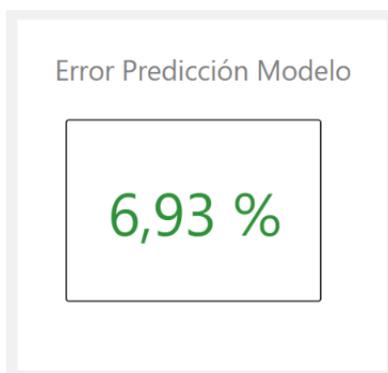


Figura 31: Error de predicción de modelo (elaboración propia).

- Top de los cinco sectores que presentan la mayor diferencia de predicción en términos porcentuales, calculado de la misma forma que el indicador anterior. Este gráfico de barras permite saber de inmediato cuáles son los sectores más erráticos en su predicción, que agradablemente coincide con sectores que no tienen tantas ventas, por lo tanto, no son los más importantes y para el modelo es difícil generalizar su comportamiento.

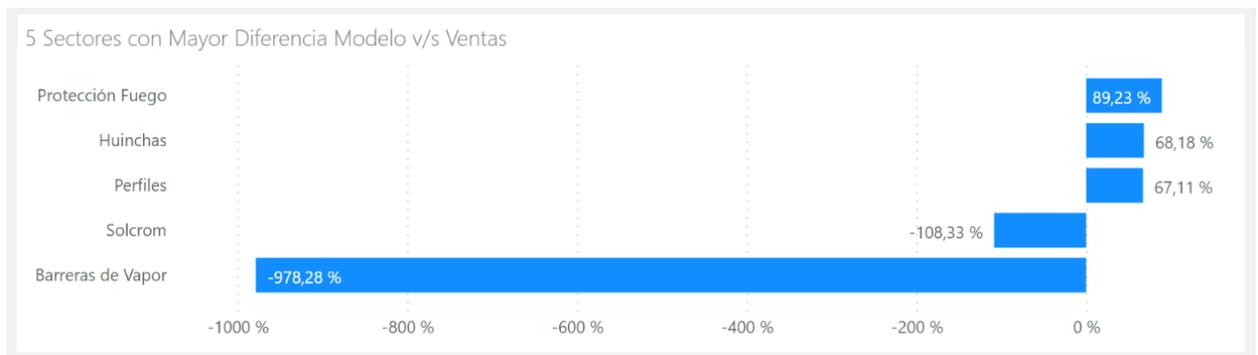


Figura 32: Sectores con error más alto de predicción de modelo (elaboración propia).

- Series de tiempo de ventas y predicciones: en color azul, las ventas totales y reales para los meses cerrados. En color morado, las predicciones que realizó el modelo el mes anterior para los tres meses futuros, y finalmente en color verde agua, las predicciones que realizó el modelo este mes para los tres meses que siguen. Este es el principal gráfico del reporte, pues permite observar una proyección de la venta para los meses venideros, y también, superponer las predicciones anteriores con las actuales permite ver cómo se va actualizando la predicción y potencial predictor del modelo conforme va aumentando la información histórica que le alimenta.

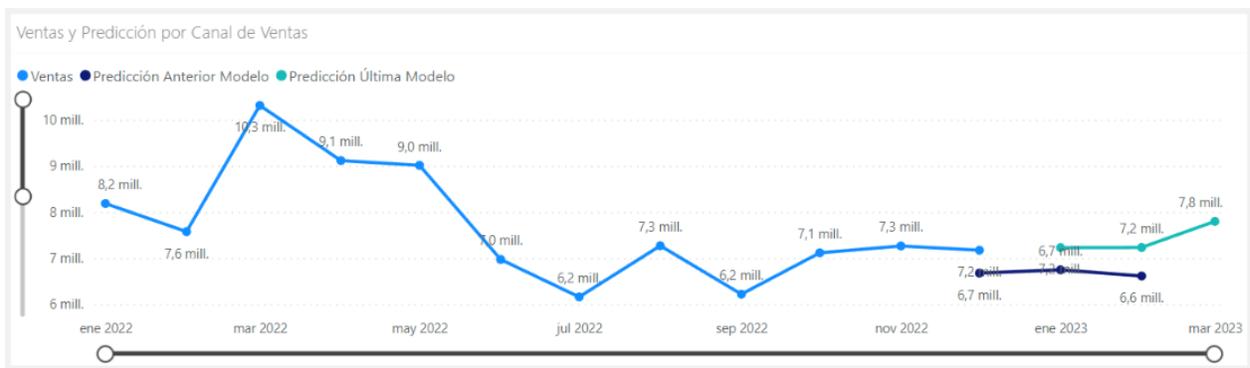


Figura 33: Sectores con error más alto de predicción de modelo (elaboración propia).

- Descripción de diferencias entre ventas y predicción del modelo: para visualizar estas diferencias, se diseñan dos visualizaciones. La primera, es una tabla simple que muestra por sector y grupo de cliente (dependiendo del nivel de detalle que desee ver el usuario) las ventas del mes, la predicción del modelo, la diferencia en monto y el error porcentual. La segunda, es una figura que gráficamente muestra la diferencia entre venta y predicción por sector.

Sector	Ventas Mes	Predicción Modelo	Diferencia Modelo	Error Modelo
Volcanita	3.030.071,52	3.138.810,80	-108.739	-3,59 %
Fibrocemento	1.648.734,08	1.281.503,15	367.231	22,27 %
Fieltros	1.229.302,92	1.164.819,20	64.484	5,25 %
Aislanglass	661.098,08	625.509,13	35.589	5,38 %
Aislán	295.734,69	280.650,15	15.085	5,10 %
Perfiles	196.418,36	64.604,51	131.814	67,11 %
Tejas asfálticas	42.082,29	31.326,48	10.756	25,56 %
Cintas	35.817,00	42.691,08	-6.874	-19,19 %
Especialidades	13.740,48	7.661,70	6.079	44,24 %
Yesos Importados	6.788,00	5.101,59	1.686	24,84 %
Yeso construcción	3.881,60	4.804,97	-923	-23,79 %
Volcopanel	2.638,08	2.006,23	632	23,95 %
Fijaciones	2.500,00	1.367,12	1.133	45,32 %
Yesos especiales	555,21	682,18	-127	-22,87 %
Solcrom	469,00	977,06	-508	-108,33 %
Total	7.171.539,31	6.674.262,07	497.277	6,93 %

Figura 34: Tabla descriptiva de diferencias entre venta y predicción por sector y grupo de cliente (elaboración propia).

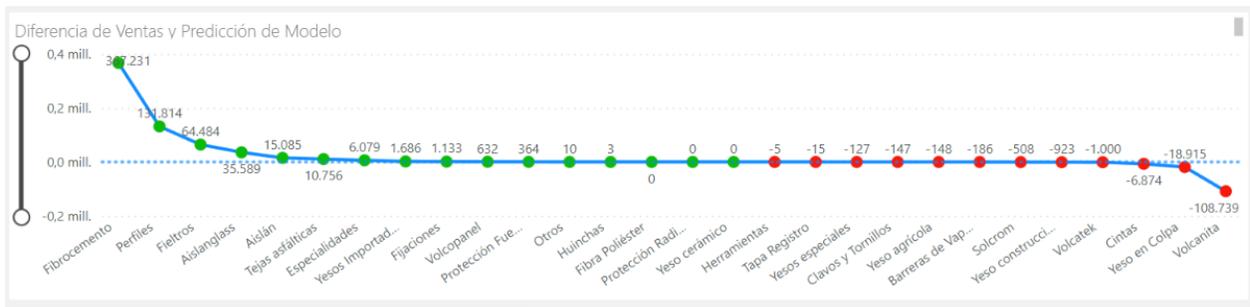


Figura 35: Gráfico de diferencias entre ventas y predicción por sector (elaboración propia).

- Diferencias entre la última predicción y la anterior: el modelo toma la información de las ventas de un mes cerrado para predecir los tres siguientes. Por lo tanto, cuando hay más de dos ejecuciones, hay meses que conservan la predicción de la última ejecución y de la anterior. Es interesante ver cómo pueden ir variando las predicciones cuando ya se tiene más historia o se está “más cerca” del mes para el cual se levanta el pronóstico, entonces se diseña una gráfica de línea para ver el total y una tabla descriptiva simple para ver las diferencias por sector como sigue:

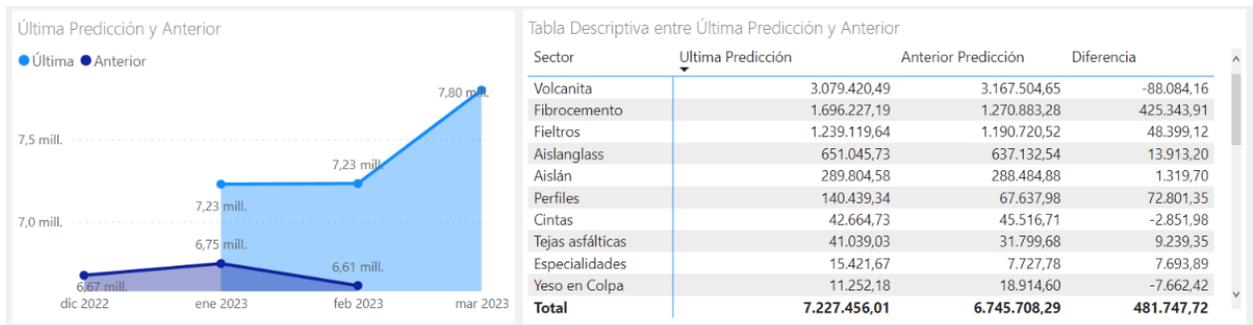


Figura 36: Gráfico y tabla de diferencias entre la última ejecución del modelo y la anterior (elaboración propia).

Finalmente, para la herramienta visual se diseñan filtros comunes para todos los objetos visuales como el canal de ventas, el sector y el año, los cuales entregan una componente de interactividad importante para que el usuario pueda visualizar más detalladamente lo que le interesa saber. La vista del reporte completo es la siguiente:



Figura 37: Reporte de outputs del modelo predictivo (elaboración propia).

5.4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

La implementación de este proyecto se debe llevar a cabo por un plan piloto en el cual se pueda probar la solución desarrollada gracias al rediseño de procesos. Para ello, es crucial tener datos actualizados cada mes, a la fecha a la cual se haya planificado realizar la predicción de la demanda correspondiente a los meses venideros. Aquellos datos, deben ser preprocesados siguiendo los pasos detallados en este proyecto de tesis. Para ello y lo que sigue, se distinguen las siguientes etapas:

1. Conexión a fuentes de datos productivas: implica principalmente que el modelo reciba como input los datos existentes en SAP y los archivos planos que viven en SharePoint.
2. Productivización de modelos de machine learning: consiste en refactorizar y depurar el código para que sea capaz de correr en un ambiente de producción, idealmente en algún servicio basado en cloud o simplemente en algún servidor que cumpla con las especificaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de la ejecución, y cumplir también con la etapa de dejar el código alojado en alguna de estas opciones.
3. Automatización de la ejecución de modelos: esta etapa implica automatizar el entrenamiento y la ejecución de los modelos que están en el lenguaje de programación Python. Es clave que se automatice también la construcción y procesamiento de los outputs de los modelos, para que sean accesibles mediante otra herramienta y finalmente los usuarios puedan hacer uso de ellos. Además, se deben crear desencadenadores que realicen la ejecución de manera mensual, considerando el tiempo que demora, para que la generación de predicciones esté coordinada con el proceso de gestión de demanda que llevan a cabo los usuarios del negocio.
4. Evaluar desempeño en escenario real: muchas veces la teoría no se condice con la realidad, por lo que es necesario ver cómo se comporta la solución en un escenario real. Es decir, validar que los resultados hagan sentido, y no existan problemas relacionados al diseño de la solución, formato del output, datos de entrada u otros.
5. Iterar en mejoras y ajustes: esta etapa está propuesta para que el modelo vaya mejorando según lo que se vaya presentando en el escenario real, se puede estudiar la incorporación de nuevos drivers que enriquezcan la predicción, otros modelos más complejos si logran una mayor predicción, y también hacer ajustes según se vaya necesitando.

6. Comunicar y presentar resultados: por último, es relevante preparar un informe detallado de los resultados de las ejecuciones para presentar los hallazgos a las partes interesadas, las cuales podrán cumplir con su cometido de tomar decisiones, en lo posible, cada vez más informadas y basadas en evidencia.

Por último, y no menos importante, para que el proyecto sea exitoso, hay que considerar que los usuarios finales puedan constatar el valor que genera una solución de este tipo, y que también sea fácil de usar/mantener. Por ello, es que es necesario incluir tópicos de la gestión del cambio a lo largo de la implementación, como involucrar a los usuarios desde el comienzo, para entender sus necesidades y crear un ambiente donde se sientan parte del cambio que se podría generar en la organización, también hay que incluir sesiones de capacitación y entrenamiento en las herramientas utilizadas, como también en teoría estadística y de minería de datos, para que en caso de que la solución requiera modificaciones, sean usuarios autosuficientes y capaces de implementar los ajustes. Para el punto final, también se sugiere considerar un período de soporte o coaching por cualquier inconveniente que pueda ocurrir.

A la fecha, y más allá del alcance del proyecto de tesis, el prototipo se implementó en el escenario real, cumpliendo con todos los objetivos que se plantearon en un comienzo, generando un cambio en el proceso de estimación de demanda, al funcionar automáticamente a comienzo de cada mes. También se generó un cambio en la organización, cumpliendo principalmente su objetivo estratégico de transitar hacia una empresa data-driven, es decir, que se maneja en base a datos. Prueba de esto último, es que la arquitectura tecnológica se sigue utilizando y se ha incrementado para apoyar a otros procesos de otras áreas dentro de Volcán.

Capítulo 6: Evaluación del proyecto

Continuando con el desarrollo del proyecto de tesis, sigue realizar una evaluación, la cual, de acuerdo a los objetivos definidos en un inicio, consta de una componente técnica que determina la factibilidad de todos los requerimientos y una evaluación económica, para averiguar si en la teoría, el proyecto presenta una mejora de resultados financieros y dictaminar su conveniencia o no.

6.1. EVALUACIÓN TÉCNICA

La siguiente evaluación técnica pretende analizar la viabilidad técnica del proyecto y determinar si es posible implementarlo con las tecnologías y recursos actuales y, en caso de que no se tengan, averiguar si existe la posibilidad de conseguir esas capacidades de algún modo e incluir aquello en el siguiente subcapítulo de evaluación económica.

En cuanto a requisitos técnicos, el proyecto necesita que existan datos confiables, lo cual se validó, ya que en su mayoría las facturas provienen de SAP, el cual es un software de alta confianza, reputación e historia en el mercado, que se construye bajo un modelo de datos relacional, que, como principio, resguarda la consistencia e integridad de las transacciones. También es necesario contar con un servidor que sea capaz de ejecutar el modelo mes a mes, respecto a lo cual se constató que existen las capacidades instaladas en Volcán, pero, utilizarlas implica un costo técnico de configuración y mantenimiento, como tampoco conversa con una de sus iniciativas internas de migración a la nube, correspondiente al objetivo estratégico de transformar los procesos y recursos hacia una gestión digital. Luego, se constató la existencia de diferentes servicios en la nube que cumplen este tipo de necesidades, por lo tanto, es factible técnicamente.

Por otro lado, la construcción del modelo, alojarlo en un ambiente productivo y encargarse de su mantenimiento se requieren conocimiento técnico especializado en ciencia de datos, informática e ingeniería de datos, las cuales son capacidades que no existen internamente en Volcán. De manera que la opción más indicada es contratar a un equipo que desarrolle el proyecto y capacite a los usuarios para poder hacerse cargo de la solución una vez desarrollada, o bien, determinar un acuerdo por horas de soporte posteriores a la construcción de la solución. Ambas propuestas, son conocidas en el mercado.

En el proyecto presentado, se construyó un piloto con la información histórica de ventas mensuales a partir del año 2018 hasta el 2021. Se aislaron los últimos tres meses para testear los resultados y calcular los errores de las predicciones, y para los niveles de granularidad escogidos siempre se obtuvo un error menor al 10%. Esto último, es prueba de que el modelo genera un resultado bastante bueno, pero que jamás debe ser considerado una verdad absoluta, y significa solamente un input más del proceso de estimación de demanda que realizan los expertos del

negocio, pero que cumple satisfactoriamente los objetivos propuestos. Por lo tanto, la implementación técnica se ve absolutamente factible.

6.2. EVALUACIÓN ORGANIZACIONAL

Dado que el proyecto presentado requiere de un profundo plan de gestión del cambio tecnológico dentro de la organización, es imperante realizar una evaluación organizacional respecto al cómo se desenvolverá una vez implementado y para ello también determinar si es conveniente, positivo y no conlleva riesgos lo suficientemente peligrosos. En primer lugar, se busca identificar las tecnologías y prácticas actuales que deben ser modificadas, y por ello también, determinar cómo la compañía puede beneficiarse de la adopción de nuevas prácticas orientadas al uso avanzado de datos en sus procesos. En ese sentido, se diseña un análisis de usabilidad de la solución propuesta, que se muestra a continuación:

1. Identificación de usuarios y requerimientos: los principales usuarios del proyecto son el Jefe de Demanda y los Desarrolladores QlikView. Sus necesidades están ligadas a contar con una predicción de la demanda del próximo mes con una precisión aceptable y en el plazo establecido por los gerentes.
2. Diseño de pruebas de usabilidad: el escenario realista en el cuál los usuarios usarán el prototipo, será en los últimos días del mes, incluyendo las etapas de carga, actualización y predicción de datos, sumado a la visualización que permitirá llegar a los insights adecuados que alimentarán una decisión informada y anticipada. En este segmento es importante definir como métricas de usabilidad: eficiencia (tiempo en completar la tarea), efectividad (tasa de éxito en la tarea) y la satisfacción de los usuarios.
3. Selección de participantes: es importante que en esta etapa se seleccionen usuarios representativos del proceso y que realmente sean los que se harán cargo del prototipo una vez implementados, esto ayudará a tener la retroalimentación más rápida y fiable posible para un diseño adecuado de la solución final.
4. Realización de pruebas de usabilidad: en primera instancia es adecuado observar cómo los usuarios interactúan con el prototipo en un ambiente controlado tipo laboratorio, para luego realizar pruebas de cambio (en un ambiente de trabajo real).
5. Análisis de resultados: esta etapa debe determinar las fortalezas del prototipo, es decir, cuáles aspectos del prototipo funcionan bien y cumplen con las necesidades declaradas de los usuarios relevantes. También debe determinar las áreas de mejora, donde existan problemas de usabilidad que necesiten ser abordados previamente a la puesta en producción del prototipo, y en este último punto no puede faltar la inclusión de los costos de corrección de cada uno de los problemas identificados.

6. Recomendaciones y decisiones de inversión: la primicia de este tópico es responder la pregunta acerca de la viabilidad de la solución propuesta: ¿Es el prototipo lo suficientemente usable como para justificar la inversión?, como también responder: ¿Cuál será el retorno potencial de la inversión considerando la mejora en la eficiencia, satisfacción del usuario, etc.?

En conclusión, si el análisis revela que el prototipo cumple con las necesidades de los usuarios involucrados y que las áreas de mejora pueden ser abordadas de manera rentable, entonces la inversión puede ser justificada. Si hay problemas significativos que no se pueden resolver sin una inversión sustancial adicional, puede ser prudente reconsiderar o modificar el proyecto antes de proceder.

La toma de decisiones basada en pruebas de usabilidad empíricas puede ayudar a asegurar que la inversión en tecnología esté alineada con las necesidades reales y las capacidades de los usuarios, lo cual puede mejorar la probabilidad de éxito del proyecto y ofrecer un mejor retorno de la inversión.

6.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica del proyecto se basa principalmente en el ahorro de horas al mes que experimenta el jefe de demanda del área comercial con un proceso automatizado y basado en modelos de aprendizaje automático, el cual es el principal indicador impactado con este proyecto.

6.2.1. Definición de beneficios y costos

En el contexto de Volcán, existen capacidades tecnológicas que pueden servir para que la solución propuesta se ancle a ellas y las utilice, sin embargo, uno de los objetivos estratégicos de la empresa es transformarse digitalmente y ello incluye la migración de sus sistemas a la nube. Por ello, se estimaron los costos de servicios basados en este enfoque, que en su mayoría cuentan con el beneficio de funcionar con el mecanismo “Pay as you go”, que quiere decir que se paga solamente la utilización. En un ejemplo, si un proceso requiere un computador de ciertas características, se paga la tarifa de utilizar ese computador por la cantidad de tiempo que se utilice.

En cuanto a los costos, se pueden identificar los siguientes:

- Costo de desarrollo (inversión – costo fijo): incluyen costos de contratar o capacitar al personal, costos de consultoría experta en machine learning que colabore con el diseño e implementación del proyecto y todas las herramientas necesarias ¹.

¹ Para determinar el valor hora de cada uno de los perfiles, se utilizó como guía la estructura salarial de una consultora de transformación digital.

Tabla 10: Tabla de costos de desarrollo (elaboración propia).

Perfil	Horas necesarias	Valor hora	Horas x valor hora
Data Scientist	90	\$40.000	\$3.600.000
Data Engineer	90	\$50.000	\$4.500.000
Consultor	50	\$35.000	\$1.750.000
		Total	\$9.850.000

- Costo de infraestructura y soporte (costo variable mensual): incluyen los costos de almacenamiento de datos y los costos de computación en la nube que se encarga de procesar datos y ejecutar los modelos [15].
- Costos de operación (costo variable mensual): incluyen los costos de monitorear, mantener el sistema en marcha y de realizar actualizaciones o mejoras.

Estos costos se pueden resumir en la siguiente matriz de costos:

Costo	Horas necesarias	Valor hora	Horas x valor hora
Soporte	20	\$25.000	\$500.000
Servicios Cloud	25	\$50.000	\$1.250.000
		Total	\$1.750.000

Tabla 11: Tabla de costos de operación, infraestructura y soporte (elaboración propia).

En cambio, respecto a los beneficios, se plantea que el principal beneficio del proyecto consiste en el ahorro en costos: el automatizar procesos puede ayudar a reducir principalmente las horas dedicadas por una persona a esas tareas, lo cual mejora la eficiencia y reduce los errores humanos. Por otro lado, hay muchos beneficios que son difíciles de cuantificar monetariamente, ya que, con una predicción de demanda precisa, puede mejorar la eficiencia del inventario, pues la empresa puede optimizar su uso y evitar sobreabastecimiento o escasez de productos, también puede mejorar la planificación de la producción, pues así se pueden disminuir la cantidad de desperdicios, pueden mejorar los planes de marketing, pues al descubrir conocimiento de patrones de estacionalidad o tendencia de ventas en distintos productos o sectores, la empresa puede tomar mejores decisiones de marketing en cuanto a promociones o apuntar a segmentos específicos. En general, una predicción precisa permite tomar mejores decisiones con respecto a casi cualquier ámbito de la empresa, pues estas últimas comienzan a utilizar evidencia, y aquello por supuesto, debe aumentar las ventas y generar ingresos adicionales a la compañía. Para cuantificar este aumento de ingresos, se supone un porcentaje de aumento del ingreso mensual promedio bajo tres escenarios que más adelante permitirán realizar un análisis de sensibilidad del caso.

Estos beneficios se pueden resumir en la siguiente matriz de costos:²

Tabla 12: Tabla de ingresos y costos del rediseño (elaboración propia).

	Pesimista	Realista	Optimista
Horas Jefe de Demanda	28	28	28
Costo hora Jefe de Demanda	\$50.000	\$50.000	\$50.000
Costo de horas AS IS	\$1.400.000	\$1.400.000	\$1.400.000
Horas Jefe de Demanda	6	4	2
Costo hora Jefe de Demanda	\$50.000	\$50.000	\$50.000
Costo de horas TO BE	\$300.000	\$200.000	\$100.000
Ingresos mensuales promedio	\$9.000.000.000	\$10.000.000.000	\$10.500.000.000
Incremento % TO BE	0,05%	0,10%	0,15%
Incremento \$ TO BE	\$4.500.000	\$10.000.000	\$15.750.000
Beneficio mensual	\$5.600.000	\$11.200.000	\$17.050.000

6.2.2. Flujo de caja

Para el flujo de caja se realizó una evaluación a 6 semestres, dado que es tiempo suficiente para construir el modelo, mantenerlo productivo, y para que los usuarios adopten el cambio y tomen mejores decisiones haciendo uso de la herramienta (cabe mencionar, que la cuantificación de este último beneficio, se considera recién desde el semestre número 3, suponiendo que el primer año el proyecto no necesariamente genera mayores ingresos dadas las mejores decisiones – tiempo de adopción). Se utiliza, además, la tasa de descuento del IPC anual en Chile durante el mes de diciembre de 2022: 12,8%.³

Tabla 13: Flujo de caja realista del proyecto a 6 semestres (elaboración propia).

Semestre	0	1	2	3	4	5	6
Saldo inicial	\$0	-\$9.850.000	\$4.550.000	\$18.950.000	\$53.350.000	\$87.750.000	\$122.150.000
Inversión	-\$9.850.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Beneficio	\$0	\$7.200.000	\$7.200.000	\$17.200.000	\$17.200.000	\$17.200.000	\$17.200.000
Costo	\$0	\$10.500.000	\$10.500.000	\$10.500.000	\$10.500.000	\$10.500.000	\$10.500.000
Utilidad	\$0	-\$3.300.000	-\$3.300.000	\$6.700.000	\$6.700.000	\$6.700.000	\$6.700.000
Saldo final acumulado	-\$9.850.000	\$4.550.000	\$18.950.000	\$53.350.000	\$87.750.000	\$122.150.000	\$156.550.000

² Las horas y sueldo que emplea jefe de Demanda de Volcán, se obtuvieron tras una entrevista con el usuario. Del mismo modo, los ingresos mensuales se obtuvieron de reportes de ventas.

³ La tasa de descuento se obtuvo de: [https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/%C3%ADndice-de-precios-al-consumidor/boletines/espa%C3%B1ol/2022/bolet%C3%ADn-%C3%ADndice-de-precios-al-consumidor-\(ipc\)-diciembre-2022.pdf?sfvrsn=40a36f40_4](https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/%C3%ADndice-de-precios-al-consumidor/boletines/espa%C3%B1ol/2022/bolet%C3%ADn-%C3%ADndice-de-precios-al-consumidor-(ipc)-diciembre-2022.pdf?sfvrsn=40a36f40_4) [13].

Se utiliza como beneficio el ahorro de horas que emplearía el jefe de demanda con el rediseño TO BE, multiplicado por la cantidad de meses que tiene el semestre. También, a partir del semestre 3 se aplica el supuesto que la toma de decisiones informada y con la precisión del modelo, genera un aumento de ingresos del 0.1%, siendo bastante realistas al respecto. Se puede ver que se recupera muy rápido la inversión y al calcular el VAN y TIR, estos dan valores de \$305.370.315 y 170% respectivamente, por lo tanto, es muy conveniente realizar el proyecto.

6.2.3. Análisis de sensibilidad

Para ponerse en un caso pesimista, realista y optimista, se configuró la variable de ahorro de horas mensuales del principal usuario y también la proyección de aumento de ingresos, variando su porcentaje. Esto se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 14: Beneficios bajo análisis de sensibilidad (elaboración propia).

	Pesimista	Realista	Optimista
Horas Jefe de Demanda	28	28	28
Costo hora Jefe de Demanda	\$50.000	\$50.000	\$50.000
Costo de horas AS IS	\$1.400.000	\$1.400.000	\$1.400.000
Horas Jefe de Demanda	6	4	2
Costo hora Jefe de Demanda	\$50.000	\$50.000	\$50.000
Costo de horas TO BE	\$300.000	\$200.000	\$100.000
Ingresos mensuales promedio	\$9.000.000.000	\$10.000.000.000	\$10.500.000.000
Incremento % TO BE	0,05%	0,10%	0,15%
Incremento \$ TO BE	\$4.500.000	\$10.000.000	\$15.750.000

Al realizar el flujo de caja para cada escenario, se obtienen los valores de VAN y TIR para cada uno como sigue:

Tabla 15: Flujo de caja bajo análisis de sensibilidad (elaboración propia).

	Pesimista	Realista	Optimista
TIR	145%	170%	193%
VAN	\$210.197.434	\$305.370.316	\$404.034.745

Lo anterior, implica que, aunque el proceso de estimación de demanda le tome 6 horas al usuario, a pesar de que se realice de manera automática, se obtienen beneficios que superan los costos actuales e incluso, si solamente aumentan los ingresos en un 0.05%, realizar el proyecto sigue siendo la mejor opción, por ello todos los valores de VAN, resultan siendo positivos.

Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros

El presente capítulo resume las principales conclusiones, aprendizajes y obstáculos que se obtuvieron a lo largo de este proyecto de tesis y también una pincelada de posibles desafíos que se escaparon del alcance pero que sería interesante abordar en un trabajo futuro.

En primer lugar, Compañía Industrial El Volcán S.A es una empresa que se dedica a la producción y comercialización de soluciones constructivas. Fue fundada en 1916 en Santiago de Chile y cuenta con plantas en Chile, Perú, Brasil y Colombia que manufacturan y comercializan productos para la construcción de alta calidad, cumpliendo con estándares internacionales en materia ambiental y de seguridad. Volcán posee una posición líder en el mercado de soluciones e insumos para la construcción en Chile y tiene una capitalización de CLP 191.250 MM. Las líneas de negocio de Volcán son yesos, fibrocementos y aislantes, y dentro de sus operaciones, vende directa e indirectamente a más de 2.000 clientes en los sectores de construcción, industrial, minero y agrícola. Volcán busca abarcar la mayoría de las necesidades de sus clientes, expandiendo su oferta de productos a tope, por lo tanto, según Delta de Hax, su posicionamiento estratégico sigue un modelo de Solución Integral para el Cliente.

En ese contexto, se indagó en un problema de venta perdida (notas de crédito por falta de stock o deficiencias operacionales), que se cuantificó en casi 2.000 millones de pesos entre 2018 y 2020. Al preguntarse los motivos de ello, se descubrieron procesos, áreas y usuarios involucrados, que motivaron este proyecto de tesis donde se planteó como objetivo general: rediseñar el proceso de gestionar la demanda de productos. Metodológicamente, se analizó la situación actual y se identificaron oportunidades mejorando el proceso de estimación de la demanda, apoyándolo principalmente con tecnología. Concretamente, se diseñó un modelo de predicción de ventas, que, complementado a una herramienta visual de sus predicciones, permite informar y entregar un apoyo a las personas que toman decisiones relevantes.

Al tratarse de un proyecto de rediseño, resultó clave utilizar la metodología de ingeniería de negocios enseñada en este programa de magíster, la cual pavimenta un camino sólido para enfrentar un proceso de cambio en cualquier tipo de organización. Aquello ocurre, pues mezcla fuertemente la componente de tecnología con la componente de negocios, que son necesarias para que cualquier organización logre sus objetivos propuestos. En ese sentido, empezar desde la visión estratégica de la organización permite mantener un norte claro cuando surgen las diferentes posibilidades de rediseño al momento de analizar la situación actual. También, observarle desde un punto de vista de procesos, permite aplicar métodos y teoría propia de la ingeniería para diseñar soluciones y mejorar sus métricas, tales como efectividad, eficiencia o desempeño, cualquiera sea el objetivo.

Inicialmente esta tesis contemplaba solamente el diseño de la solución, pero finalmente el proyecto se implementó en la empresa Volcán. Y en aquella implementación se validó constantemente cada avance con los stakeholders, como bien se puede ver en la iteración de la elaboración de conjuntos para el modelo de predicción, en los filtros aplicados para la limpieza de datos, o en las visualizaciones del dashboard, todo para que adquirieran un mayor significado de negocios y fuesen útiles para los usuarios.

Se pudo constatar, que, aunque los modelos de predicción suelen ser una herramienta utilizada en rubros mucho más digitalizados que en el de la construcción, esta no necesariamente debe ser la norma. En el presente trabajo, se diseñó y se construyó un modelo sencillo, que cumplió con entregar una buena predicción de ventas, que permite tomar decisiones basadas en evidencia, y que, para una empresa como Volcán, significa una innovación total y que se alinea perfecto con sus objetivos estratégicos mejorar su excelencia operacional y transformarse en una empresa data-driven en el futuro próximo. Además de eso, el modelo tiene el potencial de mejorar robustamente su desempeño conforme se alimente con más historia. Principalmente porque se trabajó con datos del año 2018 en adelante, lo cual incluye un comportamiento absolutamente anómalo, pues como se sabe, en 2019 hubo un estallido social y en los años siguientes, una pandemia, lo cual afectó fuertemente las ventas, y entrega cierta volatilidad a las series de tiempo se usaron de entrenamiento. De todas maneras, es totalmente destacable que los resultados, en ninguno de los niveles de granularidad escogidos, tuvieron un error mayor al 10%. Esto nos entrega cierta esperanza de que cuando haya un comportamiento más estable o la historia aumente, el modelo pueda predecir mucho mejor.

Los resultados fueron satisfactorios e incluso motivaron tres extensiones del proyecto a la fecha y las constantes felicitaciones por parte de la empresa, lo cual fue bastante gratificante y enseña que jamás hay que trabajar en silos, como ocurría previamente en la organización. La efectiva comunicación con todas las personas que cambiaron sus rutinas diarias en este proyecto fue la principal clave para adoptar el cambio con éxito. Es más, aplica para cualquier proceso de transformación: la validación y la constante retroalimentación por parte de los usuarios es muy valiosa y totalmente necesaria. En esa línea, se torna un requisito que ellos puedan ver el valor de los rediseños y que la usabilidad de las soluciones sea absolutamente entendida. Más aún, cuando los cambios implican adoptar nuevas formas de trabajar o incorporan nuevas tecnologías.

Por otro lado, un modelo de machine learning, cuyas variables más influyentes son los grupos de clientes, los sectores relacionados a los tipos de producto y la estacionalidad de la venta, resultó algo muy complejo de entender para el profesional promedio de Volcán, pues no es algo propio de su naturaleza, más todavía cuando para poder hacer un buen uso de la herramienta hay que saber interpretar bien sus resultados. Por ello, fue excelente práctica, acompañarlo de una herramienta visual interactiva y que muestra exactamente lo que el usuario necesita para tomar decisiones, pues, también se diseñó en conjunto. Las figuras más destacadas de este panel fueron los gráficos de línea que unían la venta mensual real con las predicciones a los meses siguientes, y el ranking de sectores con mayor diferencia entre predicción y venta. Mostrar el error promedio del modelo también fue relevante para entender de inmediato la precisión de la predicción.

Además de la lógica de negocios diseñada para responder a la problemática planteada, otra gran clave fue la propuesta de apoyo tecnológico, que se basó principalmente en servicios *cloud* para automatizar y orquestar cada etapa de la solución: recolección de datos, limpieza, preparación, ejecuciones de modelo predictivo y actualización de dashboard con las predicciones más recientes. En ese sentido, se realizó el trabajo de montar una arquitectura de datos en la nube de Azure con un diseño incremental, de modo que pudiera habilitar nuevos desarrollos de estas características y que pudiera modernizar a toda la empresa.

Respecto a trabajos futuros, se plantea lo siguiente:

- Trabajar en adquirir y consolidar una cultura digital y de cambio, para que cada vez que se encuentren problemas u oportunidades de mejora en algún área de Volcán, la empresa tenga las capacidades internas para poder hacerles frente y sacar los mejores resultados de esa situación. Esto le permitirá ser aún más competitiva y estar preparada para cualquier amenaza que pueda afectarle. Esto le permitirá construir prácticas facilitadoras para la mejora de los procesos de cualquier tipo.
- Integrar más fuentes de datos de otros sistemas utilizados en la empresa, como Salesforce, que es un software de tipo CRM que almacena contactos, cotizaciones, oportunidades de venta, y puede enriquecer las variables para la predicción del modelo o Beetrack, que se utiliza para el monitoreo de los camiones encargados de despachar los productos.
- Es probable que en el futuro los modelos con mejor ajuste ya no sean los mismos, y esto depende de la naturaleza que vaya experimentando el mercado de las soluciones constructivas y con ello, el comportamiento de venta. Por ello, se propone mantener el estudio en el tema y que la herramienta tecnológica evolucione con el paso del tiempo.
- Estudiar posible impacto de drivers prometedores en el modelo: existen distintos datos que utiliza la capa gerencial para aproximar cómo se comportará la venta en los meses venideros, por ejemplo, la cantidad de permisos de edificación que autorizan las entidades públicas o el índice mensual de la actividad de la construcción. Estos poseen un comportamiento bastante similar a una serie de tiempo, y, por ende, podrían brindar mayor poder predictivo al modelo.

Como limitación, es relevante mencionar que la tecnología es algo que avanza a pasos agigantados, y que cada día hay más avances, siendo los últimos bastante sorprendentes en los ámbitos de Internet of Things, Realidad Virtual, Inteligencia Artificial, por nombrar algunos. Cada vez son más las organizaciones que se suman a incorporar estas herramientas porque les permiten mejorar sustancialmente sus procesos, al aumentar su grado de automatización y eficiencia, lo cual está impulsando a la humanidad a tomar decisiones cada vez más cercanas al óptimo. Lamentablemente, las organizaciones que no se sumen a esta avalancha tecnológica quedarán obsoletas y fuera de una posición competitiva, pues así ha ocurrido tantas veces a lo largo de la historia.

A modo de cierre, hay que explicitar que existen beneficios que son difíciles de cuantificar monetariamente, ya que, con una predicción de demanda precisa, indirectamente puede mejorar la eficiencia del inventario, la planificación de la producción o la segmentación de los planes de marketing. En general, este proyecto y otros de este tipo, permiten tomar mejores decisiones con respecto a casi cualquier ámbito de la empresa, pues se empieza a utilizar la evidencia como parte del proceso, y aquello por supuesto, trae consigo mayores ventas e ingresos adicionales a cualquier compañía. Por lo tanto, el beneficio de rediseñar e incorporar tecnología en los procesos, no solo mejora los procesos en sí, sino que puede impactar fuertemente en toda la operación de la organización.

Capítulo 8: Bibliografía

- [1] Solminihac, H. (2018). *Clase Ejecutiva UC*. Obtenido de <https://www.claseejecutiva.uc.cl/blog/articulos/industria-de-la-construccion-en-chile-por-que-es-el-termometro-de-la-economia/>
- [2] Volcán. (2020). *Memoria Anual*. Obtenido de fuentes internas.
- [3] Volcán. (2020). *Roadshow - Emisión de Bonos Corporativos*. Obtenido de fuentes internas.
- [4] Volcán. (2022). *Quiénes Somos - Volcán.cl*. Obtenido de <https://volcan.cl/quienes-somos/>
- [5] Sessions, S. (2007). *Process architecture: a blueprint for transformation*. BPTrends, Páginas 1-10.
- [6] APQC (2022). *Process classification framework (PCF) - Cross-Industry*. Recuperado de Análisis Estratégico y Diseño de Procesos, MBE, Universidad de Chile.
- [7] Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2012). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. John Wiley & Sons.
- [8] Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2011). *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. Springer.
- [9] Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. John Wiley & Sons.
- [10] Chatfield, C. (2019). *The Analysis of Time Series: An Introduction*. CRC Press.
- [11] Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2011). *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. Springer.
- [12] Análisis FODA [SWOT analysis]. (2021). Recuperado de Análisis Estratégico y Diseño de Procesos, MBE, Universidad de Chile.
- [13] Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022). *Índice de precios al consumidor*. Recuperado de <https://calculadoraipc.ine.cl/>
- [14] Barros O., (2017). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI (V17)*. https://www.researchgate.net/publication/281464831_Ingenieria_de_Negocios_Di_seno_Integrado_de_Servicios_sus_Procesos_y_Apoyo_TI
- [15] Microsoft Azure (2023). *Calculadora de Precios de Azure*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/>.