

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICA PARA LA
CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE MONITOREO DE VIBRACIONES**

Trabajo de titulación para optar al título
profesional de ingeniero en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Nombre del alumno

Jonathan Andrés Torres Hurtado

Nombre profesor guía.

Marcelo Quiroz Neira

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

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

Título del trabajo: Estudio de Prefactibilidad Técnico-Económico Para la Creación de una Empresa de Monitoreo de Vibraciones

Nombre del candidato(a): Jonathan Andrés Torres Hurtado

Carrera / Grado: Ingeniería en Mantenimiento Industrial - Vespertino Semanal

Campus: Concepcion; **Departamento:** Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcelo Quiroz Neira, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

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

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

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

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

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

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

4.- FIRMAS

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

Fecha: 12/01/2026

; Firma: _____


Marcelo Quiroz N.

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 12/01/2026

; Firma: _____



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

RESUMEN

El estudio de prefactibilidad analiza la creación de una empresa regional dedicada al monitoreo de vibraciones mecánicas, motivada por alta demanda insatisfecha en la industria del biobío, donde persisten brechas técnicas, escasa estandarización y limitada disponibilidad de servicios locales.

Se evaluó un modelo de negocio basado en contratos anuales, incorporando dos contratos desde el primer año y una estrategia de crecimiento progresivo. Los ingresos proyectados alcanzan los \$114.400.000 en el primer año, con una inversión total inicial de \$45.200.000, financiada mediante un esquema mixto, 50% capital propio y 50% crédito bancario. Los costos operacionales inician en \$71.440.000, con un ajuste anual proyectado del 3%.

Los flujos de cajas resultan positivos desde el primer año, alcanzando excedentes anuales crecientes de \$35.519.302 en el año 1 y \$94.642.123 en el año 5. Bajo estas condiciones, el valor actual neto a 5 años asciende a \$186.458.364, la tasa interna de retorno es del 95%, y el período de recuperación se ubica en solo 1,23 años, confirmando la rentabilidad del proyecto incluso en el corto plazo.

El análisis de vibraciones se posiciona como herramienta clave del mantenimiento predictivo, permitiendo detectar fallas incipientes en equipos rotatorios, optimizar la disponibilidad de activos y reducir detenciones no programadas, justificando técnicamente la implementación del proyecto.

En síntesis, el proyecto demuestra viabilidad técnica y rentabilidad económica sólida desde su puesta en marcha. Se recomienda avanzar a una etapa de factibilidad enfocada en estrategias de expansión y captación de contratos que fortalezcan la sostenibilidad financiera del servicio.

Indicadores económicos	
Inversión inicial	\$45.200.000
Costos operacionales año 1	\$71.440.000
Ingresos año 1	\$114.200.00
Tasa de crecimiento de costos	3% anual
Inicio de flujo positivo (año 1)	\$35.519.302
Flujo neto máximo (año 5)	\$94.642.123
VAN	\$186.458.364
TIR	95%
PIR	1,23 años

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	6
1.4 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	7
1.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO	8
1.6 ANÁLISIS DE VIBRACIÓN.....	9
1.6.1 Frecuencias.....	9
1.6.2 Análisis de fase	10
1.6.3 Amplitud	11
1.6.4 Norma ISO 2372	13
1.6.5 Norma ISO 10816-3.....	14
1.7 FALLAS COMUNES EN EQUIPOS ROTATORIOS	15
1.7.1 Desbalanceo	15
1.7.2 Desalineamiento.....	16
1.7.3 Soltura mecánica	17
1.7.4 Fuerzas hidrodinámicas en bombas y ventiladores.....	18
1.8 PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LOS SERVICIOS ACTUALES DE VIBRACIONES.....	19
1.8.1 Diagrama de Ishikawa.....	19
1.8.2 Diagrama de Pareto.....	20
1.9 BENEFICIOS ESPERADOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN RCM	21

CAPITULO 2: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS ESTRATÉGICO	22
2.1 CONTEXTO DEL MERCADO INDUSTRIAL EN LA REGIÓN.....	23
2.2 MERCADO OBJETIVO DE LA EMPRESA	24
2.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL SERVICIO	25
2.3.1 Demanda actual.....	25
2.3.2 Estimación de la demanda.....	27
2.3.3 Estructura de precios y costeo del servicio	28
2.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE.....	29
2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE MERCADO	31
2.5.1 Caracterización de la muestra y estado actual.....	31
2.5.2 Brecha geográfica y necesidad de servicios locales.....	31
2.5.3 Demanda técnica y factores de selección.....	31
2.5.4 Disposición de contratación y potencial económico	32
2.6 ANÁLISIS DEL ENTORNO (PESTEL).....	32
2.7 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROYECTO (FODA).....	33
2.8 ESTRATEGIA DE POSICIONAMIENTO COMERCIAL	34
CAPITULO 3: ESTUDIO TÉCNICO DEL SERVICIO Y DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN.....	35
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	36
3.2 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	37
3.3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS DEL SERVICIO	38
3.3.1 Requerimientos técnicos	38
3.3.2 Normas técnicas de referencia	40
3.3.3 Estructura operacional.....	41
3.3.4 Requerimientos de operación en terreno.....	42
3.3.5 Flujo operacional.....	42
3.3.6 Capacidad operativa del servicio	43
3.4 CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	45
3.4.1 La Empresa.....	45
3.4.2 Clasificación de las Empresas	45

3.4.3	Clasificación Según su Constitución Jurídica.....	46
3.4.4	Tipo de Empresa Seleccionada Según el Tipo de Negocio.....	48
3.4.5	Características Legales Principales.....	48
3.5	MODELO DE NEGOCIO (CANVAS).....	49
CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO .		50
4.1	PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO VARIABLE.....	51
4.2	PROYECCIÓN FINAL CON CRECIMIENTO VARIABLE.....	52
4.3	INVERSIÓN.....	52
4.4	DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL.....	53
4.4.1	Activos fijos depreciables.....	53
4.4.2	Activos intangibles o activos nominales.....	53
4.4.3	Capital de trabajo.....	54
4.4.4	Total de Inversión Inicial.....	54
4.4.5	Financiamiento del proyecto.....	55
4.5	COSTOS OPERACIONALES.....	56
4.6	PROYECCIÓN DE COSTOS.....	56
4.6.1	Evolución proyectada de costos operativos.....	57
4.6.2	Flujo de ingresos proyectado.....	57
4.6.3	Flujo de caja proyectado.....	57
4.7	EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	58
4.7.1	Valor actual neto (VAN).....	58
4.7.2	Tasa Interna de retorno (TIR).....	58
4.7.3	Período de recuperación de la inversión (PIR).....	60
CONCLUSIONES.....		61
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN.....		62
ANEXOS.....		63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1: Punto de medición vibraciones	9
Figura 1- 2: Medición de la magnitud de velocidad	12
Figura 1- 3: Medición de la magnitud de desplazamiento	12
Figura 1- 4: Tabla de severidad norma ISO 2372	13
Figura 1- 5: Tabla de severidad norma ISO 10816-3.....	14
Figura 1- 6: Espectro de frecuencia en vibraciones (desbalanceo).....	15
Figura 1- 7: Espectro de frecuencia en vibraciones (desalineamiento).....	16
Figura 1- 8: Espectro de frecuencia en vibraciones (soltura).....	17
Figura 1- 9: Espectro de frecuencia en vibraciones (fuerzas hidrodinámicas)	18
Figura 1- 10: Diagrama de Ishikawa.....	19
Figura 1- 11: Diagrama de Pareto	20
Figura 2- 1: Mapa industrial de la región del biobío.....	23
Figura 3- 1: Analizador de vibraciones DSP Logger Expert	38
Figura 3- 2: Herramientas menores.....	39
Figura 3- 3: Notebook industrial	39
Figura 3- 4: Camioneta Hilux 4x2	39
Figura 3- 5: Organigrama de la empresa.....	41
Figura 3- 6: Flujo operacional.....	42
Figura 3- 7: Análisis de disponibilidad y consumo de servicio	44
Figura 5- 1: Encuesta de prefactibilidad	63
Figura 5- 2: Precio oficina referencial	66
Figura 5- 3: Cotización referencial equipo de vibraciones	66
Figura 5- 4: Cotización referencial del servicio.....	67
Figura 5- 5: Resumen de equipos medidos	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- 1: Análisis de fase.....	10
Tabla 2- 1: Listado de plantas industriales en la región.....	25
Tabla 2- 2: Contrato base año 1	27
Tabla 2- 3: Contrato proyectado año 1.....	27
Tabla 2- 4: Estructura y costo del servicio.....	28
Tabla 2- 5: Matriz comparativa de oferta actual de servicios en vibraciones mecánicas	30
Tabla 2- 6: Análisis del entorno pestel.....	32
Tabla 2- 7: Análisis foda.....	33
Tabla 3- 1: Requerimientos técnicos.....	38
Tabla 3- 2: Normas de referencia para los diagnósticos	40
Tabla 3- 3: Perfil personal de la empresa.....	41
Tabla 3- 4: Requerimientos de operación en terreno	42
Tabla 3- 5: Capacidad operativa del servicio.....	43
Tabla 3- 6: Clasificación de empresa por número de trabajadores	45
Tabla 3- 7: Clasificación de empresa según ventas anuales	46
Tabla 3- 8: Características legales de la empresa.....	48
Tabla 3- 9: Modelo de negocio canvas	49
Tabla 4- 1: Crecimiento porcentual aplicado	51
Tabla 4- 2: Proyección final con crecimiento variable	52
Tabla 4- 3: Activos fijos depreciables.....	53
Tabla 4- 4: Activos intangibles	53
Tabla 4- 5: Capital de trabajo.....	54
Tabla 4- 6: Costos operacionales	56
Tabla 4- 7: Evolución proyectada de costos operativos.....	57
Tabla 4- 8: Flujo de ingresos proyectado.....	57
Tabla 4- 9: Flujo de caja proyectado.....	57

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

VAN	: Valor actual neto
TIR	: Tasa interna de retorno
PIR	: Periodo de recuperación
RCM	: Mantenimiento centrado en confiabilidad
ISO	: Organización internacional de normalización
CPM	: Ciclos por minuto
RPM	: Revoluciones por minuto
KPIs	: Indicadores claves de desempeño
MTBF	: Tiempo medio entre fallas
MTTR	: Tiempo medio para reparar
SII	: Servicio de impuestos internos
UF	: Unidad de fomento
SPA	: Sociedad por acciones
EIRL	: Empresa individual de responsabilidad limitada
S.A.	: Sociedad anónima
LTDA	: Sociedad de responsabilidad limitada
EPP	: Elemento de protección personal
IEP	: Piezoeléctrico con electrónica integrada
FFT	: Transformada rápida de Fourier
BNC	: Conector Bayonet Neill-Concelman
TTL	: Salida de tacómetro
SSD	: Unidad de disco solido
i7	: Intel Core 7
TB	: Terabyte
PIR	: Periodo de recuperación de la inversión
CBM	: Mantenimiento basado en condición
\$/CLP	: Peso chileno
HH	: Horas hombre

SIMBOLOGÍA

°	: Grado
mm	: Milímetros
mils	: milésimas de pulgada
mm/s ²	: Milímetros por segundo al cuadrado
mm/s	: Milímetros por segundo
Pulg/s	: Pulgadas por segundo
µm	: Micrones
Hz	: Hertz (ciclos por segundo)
g	: Aceleración de gravedad
%	: Porcentaje
kHz	: Kilohertz
mV	: Milivoltio

INTRODUCCIÓN

La región del biobío concentra un alto nivel de actividad industrial asociada a plantas de procesos, las cuales operan de forma permanente con equipos rotatorios. En este contexto, garantizar la continuidad operacional y la confiabilidad de los activos resulta determinante para la productividad de las plantas instaladas en la zona.

Sin embargo, a nivel regional la oferta de servicios especializados en monitoreo de vibraciones es limitada, la mayoría de las empresas dependen de proveedores externos provenientes de otras regiones, lo que genera mayores tiempos de espera, costos elevados y menor continuidad técnica en el seguimiento de la condición de los equipos.

Aunque el análisis de vibraciones es actualmente una herramienta efectiva para anticipar fallas mecánicas y planificar mantenimientos, en la región del biobío aún se identifican brechas importantes relacionadas con la estandarización del servicio, el cumplimiento normativo y la certificación del personal que lo ejecuta. Esto provoca diagnósticos inconsistentes, decisiones reactivas y mayor probabilidad de fallas no planificadas.

Por este motivo, se plantea la creación de una empresa regional dedicada al monitoreo de vibraciones orientado al mantenimiento predictivo, incorporando tecnologías de análisis de vibraciones, procedimientos estandarizados y estándares internacionales ISO 10816, 21940, 17359, que permitan entregar un servicio local más confiable, oportuno y técnicamente especializado.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la prefactibilidad técnico-económico de esta propuesta, considerando el contexto regional, la demanda, la inversión inicial, los costos operativos y la proyección de ingresos, para determinar si su implementación resulta viable dentro del mercado industrial del biobío.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la prefactibilidad técnico – económica de una empresa de mantenimiento basada en monitoreo de vibraciones orientada al mantenimiento predictivo, con servicios especializados de diagnóstico y control de condición en equipos rotatorios industriales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la problemática actual y la demanda regional de servicios de monitoreo de vibraciones en la región del biobío, desde un enfoque técnico.
- Evaluar el mercado objetivo del servicio de monitoreo de vibraciones en la región del biobío.
- Definir la propuesta técnica de valor y el modelo de negocio inicial de la empresa, estableciendo los requerimientos técnicos.
- Determinar la viabilidad económica del proyecto, mediante estimación de inversión inicial, costos operacionales y proyección de ingresos.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

En la industria moderna, la continuidad operacional y la confiabilidad de los equipos son factores determinantes para la productividad y competitividad. Distintos sectores de plantas industriales dependen de equipos rotatorios tales como motores eléctricos, bombas, compresores, ventiladores, entre otros. La detención inesperada de estos activos puede provocar pérdidas económicas significativas, interrupción del proceso productivo y riesgos operacionales.

En este contexto, el mantenimiento predictivo surge como una estrategia clave para anticipar fallas basándose en indicadores medibles del estado de los equipos. Dentro de esta metodología, el análisis de vibraciones es considerado una de las herramientas más precisas para detectar fallas mecánicas en fases tempranas, permitiendo intervenir antes de que estas generen daños mayores. Sin embargo, en la región del biobío existe una oferta limitada de servicios especializados.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la ejecución de servicios industriales y la observación a distintas empresas de servicios de monitoreo de vibraciones, se han identificado errores recurrentes que afectan la calidad del diagnóstico y la efectividad del mantenimiento.

Entre las principales deficiencias se encuentran la falta de procedimientos definidos para la recolección de datos, configuraciones incorrectas del equipo de medición (rango de frecuencia, resolución, filtros), interpretación errónea de espectros, ausencia de trazabilidad histórica e informes técnicos incompletos. A ello, se suma, en muchos casos, la carencia de formación técnica certificada del personal que ejecuta las mediciones.

Estas condiciones se traducen en intervenciones innecesarias, aumento de costos y, en el peor de los casos, fallas catastróficas por no detectar a tiempo condiciones críticas de operación.

Es por eso por lo que se plantea una clara oportunidad de mercado de crear una empresa de monitoreo de vibraciones que garantice una calidad técnica del servicio, metodología estandarizada y cumplimiento normativo ofreciendo un servicio profesional y diferenciado a la competencia

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La implementación del proyecto se fundamenta en la necesidad existente dentro del sector industrial de la región del biobío de contar con servicios locales especializados en análisis de vibraciones mecánicas. Actualmente muchas plantas industriales dependen de proveedores externos, lo que genera mayores costos, tiempos de respuesta prolongados y limitada continuidad técnica. Esta situación evidencia una brecha entre la demanda regional y la oferta disponible.

El análisis de vibraciones es una herramienta clave para el mantenimiento predictivo, ya que nos permite identificar fallas incipientes, reduciendo significativamente los costos por detenciones no programadas y evitando pérdidas productivas. Por este motivo, implementar un servicio especializado contribuye directamente a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos críticos de las plantas industriales.

Por lo tanto, el proyecto se justifica porque responde a una necesidad del sector productivo regional, aporta valor mediante tecnología predictiva, reduce la dependencia de proveedores externos y contribuye al fortalecimiento de la competitividad industrial a nivel local.

1.4 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial constituye una función estratégica dentro de la gestión de los activos físicos, cuyo propósito fundamental es asegurar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad operacional de los equipos que intervienen en los procesos productivos. Su evolución histórica refleja una progresiva profesionalización de la disciplina, que ha transitado desde acciones reactivas hasta enfoques de gestión orientados a la optimización de los recursos.

En sus primeras etapas, el mantenimiento correctivo se limitaba a reparar los equipos una vez ocurría la falla, generando detenciones no planificadas y altos costos asociados. Posteriormente, se incorporó el mantenimiento preventivo, basado en la programación de intervenciones periódicas con el objetivo de reducir la ocurrencia de fallas. Sin embargo, este enfoque no siempre resultó eficiente, ya que podía derivar en sobre mantenimiento y en reemplazo prematuros de componentes.

El avance de la tecnología y de las metodologías de gestión, condujo al desarrollo del mantenimiento predictivo, por lo cual se fundamenta en el monitoreo de la condición real de los equipos mediante técnicas de diagnóstico. Este enfoque permite detectar fallas incipientes, planificar las reparaciones en el momento oportuno y reducir las detenciones no programadas.

Recientemente surge el mantenimiento proactivo, cuyo objetivo es identificar y eliminar las causas raíz de las fallas, integrando conceptos de confiabilidad operacional y gestión de activos. Este enfoque se apoya en metodologías como el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) y en marcos normativos internacionales, entre los que destaca la ISO 55000, que establece directrices para la gestión eficiente de activos a lo largo de su ciclo de vida.

En consecuencia, el mantenimiento industrial ha evolucionado desde una función meramente operativa hacia un componente esencial en la estrategia empresarial, capaz de influir directamente en la competitividad, productividad y sostenibilidad de las organizaciones.

1.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO

Como su nombre indica, el mantenimiento predictivo busca predecir fallas incipientes, planteando la posibilidad de detectar síntomas en los componentes antes de que ocurra una falla o una detención no programada del equipo.

Para lograrlo, se evalúa la condición mecánica de la maquina y como esta condición va evolucionando en el tiempo. Esto se realiza a través del análisis de diversos síntomas que la maquina emite al exterior, mientras ella esté operando. En base a esto, se programan las necesidades de mantenimiento cuando se detecta un problema en ella.

Las ventajas básicas de esta estrategia son:

- Solo se detiene la máquina cuando sea estrictamente necesario, evitando la pérdida de producción al realizar detención innecesaria de ella.
- Al conocer la condición de la máquina en todo momento, ella se puede detener justo antes que una falla llegue a ser peligrosa o catastrófica.
- La detención incipiente de fallas evita reparaciones de alto costo o inoportunas y eventuales efectos graves o catastróficos.
- El inventario de partes de repuestos que es necesario mantener en bodega es menor que para las estrategias anteriores, pues al conocerse con anticipación el tipo específico de falla que está desarrollando la unidad se puede planificar con tiempo su adquisición.
- Disminuye el valor de las primas de seguro que las empresas contratan para sus máquinas críticas. El seguro cobra menos en una máquina que está protegida por un sistema de monitoreo continuo que en otra que no lo esté.

El mantenimiento predictivo utiliza una amplia gama de técnicas de diagnóstico, entre las que destacan:

- Análisis de vibraciones
- Termografía infrarroja
- Análisis de aceites lubricantes
- Ultrasonido
- Boroscopia

1.6 ANÁLISIS DE VIBRACIÓN

El análisis de vibraciones es una herramienta utilizada para identificar, predecir y prevenir fallas en máquinas rotatorias. Básicamente, el proceso consiste en medir los niveles y las frecuencias de vibración de la máquina industrial, con el fin de monitorear el estado de las máquinas y sus componentes.

Esta técnica, como su nombre indica, compara y analiza las vibraciones presentes en los equipos mientras están en funcionamiento. El sensor de vibraciones se coloca en una ubicación específica de la máquina, generalmente en el soporte de rodamiento, midiendo la señal e intensidad de la vibración, lo cual permite determinar la gravedad de los problemas y posibles fallas en la máquina o sus componentes.

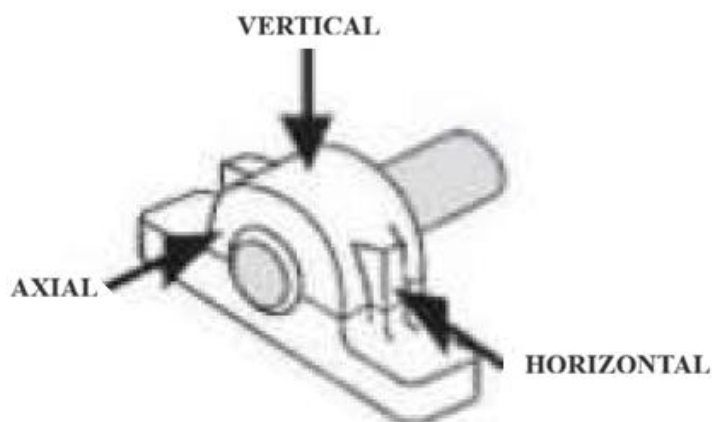


Figura 1- 1: Puntos de medición vibraciones

Fuente: Elaboración propia

1.6.1 Frecuencias

Corresponde al número de ciclos vibratorios que se repiten en una unidad de tiempo, es decir, cuantas veces un cuerpo completa un movimiento y retorna a su posición inicial. Se expresa habitualmente en ciclos por minuto (CPM) o ciclos por segundo (Hz), y en maquina rotatoria, suele analizarse como múltiplos de la velocidad de giro (1X).

Se distingue la frecuencia de excitación, asociada a fuerzas externas que actúan sobre el sistema, y la frecuencia natural, propia del sistema y dependiente de su masa, rigidez y amortiguamiento. Cuando ambas coinciden se produce el fenómeno de resonancia, generando un aumento significativo de la amplitud vibratoria, lo que resulta indeseable al incrementar esfuerzos y riesgos de falla en los componentes mecánicos.

1.6.2 Análisis de fase

Estudia la diferencia de tiempo relativo en que sucede dos eventos vibratorios relacionados entre sí, principalmente entre el punto de referencia y el valor máximo de la vibración. La lectura de fase será la distancia angular entre 0° y 360° que existe entre la ubicación del sensor y la fuerza dinámica, medida en sentido contrario a la rotación del rotor, siempre y cuando la referencia de fase coincida con la ubicación del sensor.

El análisis de fase reporta gran utilidad en el diagnóstico de maquinarias, contribuye a establecer el origen de los problemas detectados, determina los movimientos relativos entre ellos y diferenciar entre anomalías que generan vibraciones de similar frecuencia en componentes de 1X RPM tales como, desbalanceo, desalineamiento, distorsión de máquina, soldadura mecánica y resonancia.

Anomalia	Descripción
Desbalanceamiento	Diferencia de fase de $90^\circ + / - 30^\circ$, horizontal y vertical de un mismo descanso.
Desalineamiento	Diferencia de fase de 180° , en un mismo sentido (horizontal o vertical) medido en las maquinas motriz y conducida a ambos lados del acoplamiento.
Distorsión de máquina	Diferencia de fase de 180° , opuestos en sentido axial un sensor de otro.
Soldadura mecánica	Fases inestables entre una medición y otra.
Resonancia	Diferencia de fase de 180° , horizontal y vertical de un mismo descanso.

Tabla 1- 1: Tabla de análisis de fase

Fuente: Ing. Luis Rebolledo

1.6.3 Amplitud

Corresponde a la magnitud del fenómeno vibratorio que ocurre en la maquina o parte de esta. La amplitud representa la cantidad del movimiento que puede tener la masa de un cuerpo desde una posición neutral y es proporcional a la severidad de los problemas potenciales en la máquina, expresada en unidades de desplazamiento, velocidad y/o aceleración.

- Aceleración

Es el cambio de velocidad en relación con el tiempo, es decir, cada vez que el elemento vibrante alcanza una velocidad cero al llegar a los límites extremos del recorrido, tiene que acelerar para adquirir velocidad nuevamente y disminuye hasta cero a medida que llega al punto neutro en donde la velocidad es máxima. Se mide en milímetros por segundo cuadrado (mm/s^2) y se expresa en función de múltiplos de la constante de la aceleración de gravedad en a la superficie terrestre ($G= 9.806,6 \text{ mm/s}^2$).

La aceleración es el mejor indicador de las alteraciones forzantes en frecuencias de orden superior, por encima de 60.000 CPM, representado en el estudio de las frecuencias de engrane y rodamientos.

- Velocidad

Es un vector que mide desplazamiento del eje respecto al tiempo, es decir, la rapidez del movimiento vibratorio en la máquina o estructura, determinando la severidad de la vibración. Se mide en milímetros por segundo (mm/s) o pulgadas por segundo (pulg/s).

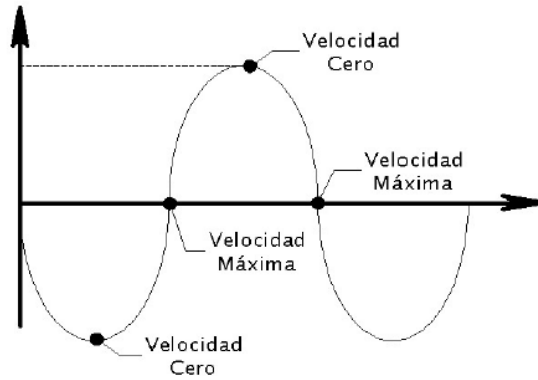


Figura 1- 2: Medición de la magnitud de velocidad

Fuente: Elaboración propia

- Desplazamiento

Cantidad vectorial que describe el cambio de posición de un cuerpo o partícula con respecto a un sistema de referencia. En la práctica, la distancia del eje de rotación respecto a un punto de referencia se mide generalmente en micrones (μm), milímetros (mm) o milésimas de pulgada (mils).

Existen dos tipos de desplazamientos, absoluto y relativo, el primero de ellos corresponde a la medición respecto a la base de la estructura y el ultimo está relacionado al desplazamiento del eje respecto a su alojamiento.

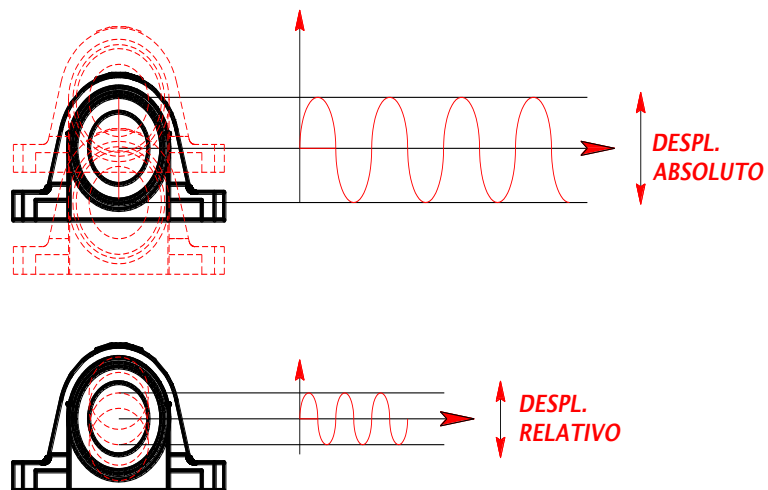


Figura 1- 3: Medición de la magnitud de desplazamiento

Fuente: Taller de análisis de vibraciones y diagnóstico turbomecánica ltda.

El desplazamiento es útil en mediciones de baja frecuencia o bajas velocidades de giro, sobre todo por debajo de 600 CPM, para problemas detectado a mayores frecuencias su respuesta es inadecuada, tales como problemas de rodamientos y engranajes.

1.6.4 Norma ISO 2372

La norma ISO 2372, da los limites permisibles para aceptación de máquinas rotativas, que van desde los 600 a 12000 RPM cubriendo un rango de frecuencia de 10 Hz a 1000 Hz, lo cual es muy limitado, pudiendo dejar posibles fallos en rodamientos sin ser precedidos.

Tabla de Severidad, ISO 2372						
RANGO DE VIBRACIÓN			CLASES DE MÁQUINAS			
VELOCIDAD RMS (mm/s)	VELOCIDAD 0-P (mm/s)	VELOCIDAD 0-P (pul/s)	Máquinas Pequeñas	Máquinas Medianas	Máquinas Grandes	
					Soporte rígido	soporte flexible
			CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV
0.28	0.396	0.016	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
0.45	0.636	0.025				
0.71	1.004	0.040				
1.12	1.584	0.062				
1.80	2.546	0.100				
2.80	3.960	0.156	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
4.50	6.364	0.251				
7.10	10.041	0.395	INSATISFACTORIO	INSATISFACTORIO	INSATISFACTORIO	INSATISFACTORIO
11.20	15.839	0.624				
18.00	25.456	1.002				
28.00	39.598	1.559	INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE
45.00	63.640	2.505				
71.00	100.409	3.953				

Figura 1- 4: Tabla de Severidad ISO 2372

Fuente: Ing. Contreras Acosta

1.6.5 Norma ISO 10816-3

Esta norma reemplaza actualmente a las ISO 2372 e ISO 3945, las cuales han sido objeto de revisión técnica. La norma ISO 10816-3 establece las condiciones y procedimientos generales para realizar la medición y evaluación de vibraciones mediante mediciones en partes no rotativas de las máquinas. Esta norma considera aspectos como el tipo de máquina, potencia, altura del eje, apoyos, soportes rígidos o flexibles, entre otros, y permite una clasificación detallada según el tipo de máquina.

								v r.m.s. mm/s	v r.m.s. inch/s	Velocidad Vibración <small>10 - 1000 Hz n > 800 1/min (2 - 1000 Hz n > 120 1/min)</small>
								11	0.433	
								7.1	0.280	
								4.5	0.177	
								3.5	0.138	
								2.8	0.110	
								2.3	0.091	
								1.4	0.055	
								0.71	0.028	
rigida	flexible	rigida	flexible	rigida	flexible	rigida	flexible	Fundación		
Bombas > 15 kW radial, axial, diagonal				Máquinas medianas 15 kW < P ≤ 300 kW		Máquinas Grandes 300 kW < P < 50 MW		Tipo de Máquina		
Acople directo		Eje intermedio / Poleas.		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H				
Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1		Grupo		

■ Puesta en operación recientemente.

■ Operación para largo plazo.

■ Operación para corto plazo

■ Vibración causando daños

Figura 1- 5: Tabla de Severidad ISO 10816-3

Fuente: DSpanalytic

1.7 FALLAS COMUNES EN EQUIPOS ROTATORIOS

Los equipos rotatorios, como motores eléctricos, bombas, compresores, turbinas, ventiladores, entre otros, están expuestos a una serie de fallas mecánicas que afectan directamente su desempeño, la disponibilidad del sistema y la estabilidad del proceso productivo. Entre las fallas más comunes se encuentran:

1.7.1 Desbalanceo

El desequilibrio es una de las fallas más comunes en los equipos rotativos y puede tener grandes consecuencias en su rendimiento. Este problema se refiere a la distribución desigual de masa alrededor del eje de rotación de un rotor. Aunque es imposible eliminarlo por completo, es esencial mantenerlo dentro de márgenes aceptables para asegurar un mejor rendimiento y seguridad en las fábricas.

Cuando el desequilibrio está presente, es común observar un componente principal en el espectro vibratorio, denominado 1X, que indica una vibración que ocurre a la misma frecuencia de la velocidad de giro (RPM). Es importante recordar que, aunque el 1X sea la señal más destacada, no siempre significa que el problema sea exclusivamente un desbalanceo, ya que las vibraciones pueden deberse a múltiples causas y a una combinación de diferentes modos de falla.

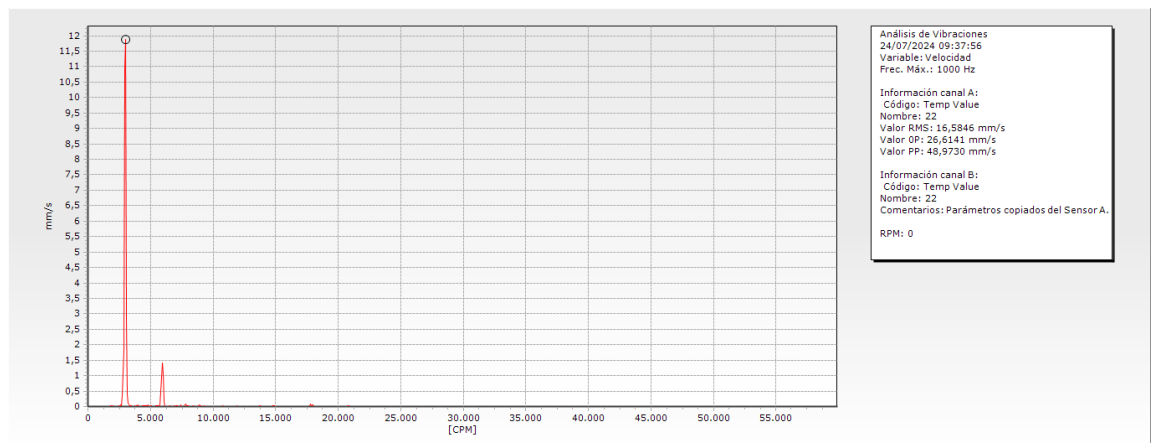


Figura 1- 6: Espectro de frecuencia en vibraciones (desbalanceo)

Fuente: Informe de vibraciones turbomecánica

1.7.2 Desalineamiento

El desalineamiento en equipos mecánicos ocurre, cuando dos ejes que debieran estar alineados o en la misma línea de centro, no lo están, existe el desalineamiento paralelo y el desalineamiento angular.

Comúnmente, son ambos los desalineamientos que se encuentran en los equipos o sistemas de transmisión, como acoplamientos, poleas y engranajes. Esto se produce principalmente por dos razones, problemas de montaje y problemas operacionales, donde este último está asociado a flexibilidad estructural y/o desgaste en los componentes presentes.

Normalmente los espectros vibratorios del desalineamiento ocurren a la 1X, 2X y 3X, sin embargo, cuando existen desalineamientos graves, en lugar de ver armónicos hasta la 3X, podríamos apreciar armónicos tan altos, como 8X en el espectro vibratorio, esto lo podría llevar a confundir con soldaduras mecánicas, es por esta razón que es difícil diagnosticar problemas, solo observando espectros vibratorios, ya que podrían confundirse con otros modos de fallo.

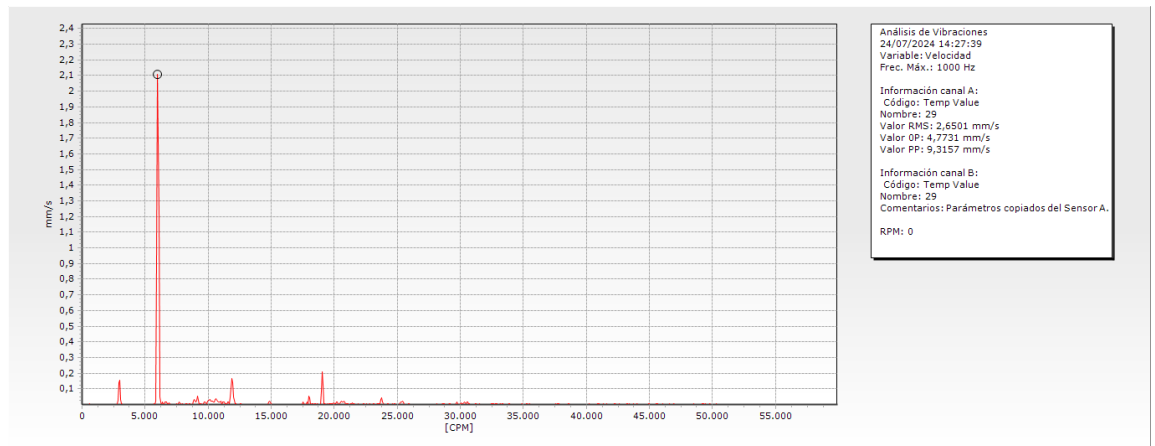


Figura 1- 7: Espectro de frecuencia en vibraciones (desalineamiento)

Fuente: Informe de vibraciones turbomecánica

1.7.3 Soltura mecánica

El desequilibrio Cuando hablamos de soltura mecánica, nos referimos a que una o más uniones no están lo suficientemente fijas. Estas solturas se originan por una sujeción insuficiente de pernos, un juego excesivo radial en los descansos y un apriete insuficiente de la camisa del descanso. La vibración que se genera es variable, pero ocurre principalmente en dirección radial. Un descanso que no está en posición fija suele presentar una vibración mayor en la dirección vertical.

El espectro de vibración que se observa en casos de soltura mecánica presenta una gran cantidad de armónicos. Cuantos más armónicos haya, más significativa es la soltura. En ciertos casos, las vibraciones ocurren a frecuencias que son fracciones de las frecuencias normales esperadas del sistema. Esto sucede cuando hay componentes sueltos o con juego excesivo, como en el caso de rodamientos mal ajustados.

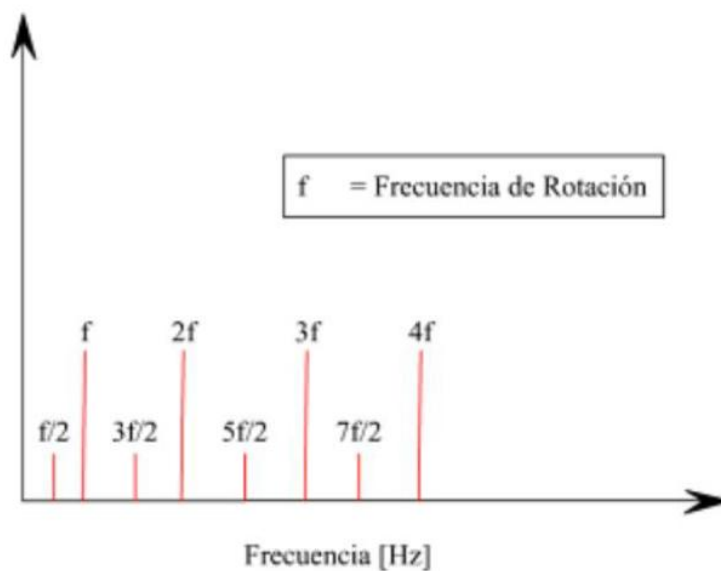


Figura 1- 8: Espectro de frecuencia en vibraciones (soltura)

Fuente: <https://adqvibraciones.blogspot.com/>

1.7.4 Fuerzas hidrodinámicas en bombas y ventiladores

Estas vibraciones se caracterizan por presentar picos en una frecuencia denominada “frecuencia de paso de álabe”, la cual corresponde a la frecuencia de rotación multiplicada por el número de álaves. Si bien, una presencia moderada de esta frecuencia es normal por el diseño del equipo, un aumento considerable en su amplitud no indica desequilibrio mecánico, si no problemas de origen hidrodinámico. Las causas más frecuentes son la excentricidad del rotor dentro de la voluta o una holgura inadecuada.

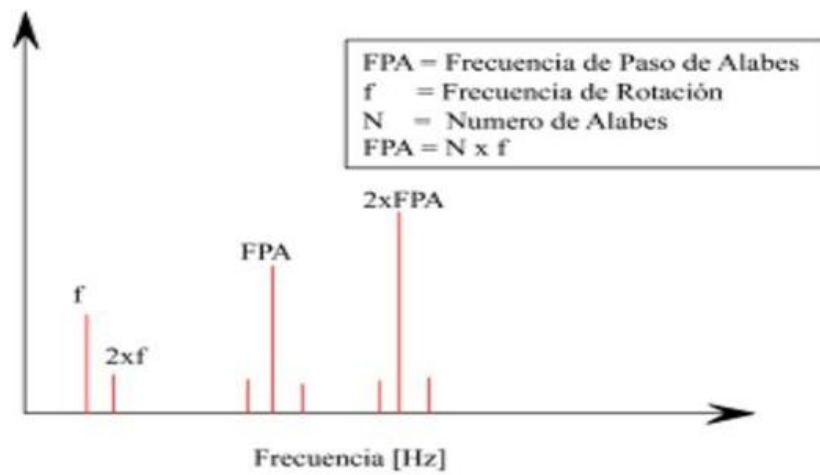


Figura 1- 9: Espectros de frecuencias en vibraciones (fuerzas hidrodinámicas)

Fuente: <https://adqvibraciones.blogspot.com/>

1.8 PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LOS SERVICIOS ACTUALES DE VIBRACIONES

En esta sección se aplican metodologías de ingeniería de confiabilidad para diagnosticar las causas raíz de la baja disponibilidad de los equipos rotatorios en la región y priorizar los esfuerzos del servicio técnico propuesto.

1.8.1 Diagrama de Ishikawa

A fin de sintetizar las causas raíz que derivan en la baja confiabilidad de los equipos rotatorios en la zona, se presenta el siguiente análisis de Ishikawa, el cual justifica la necesidad de una empresa con presencia local y rigor técnico.

El análisis determinó que la brecha geográfica, distancia de proveedores especialistas, y la falta de métodos estandarizados son los factores críticos que aumentan el tiempo medio de reparación (MTTR) en la zona.

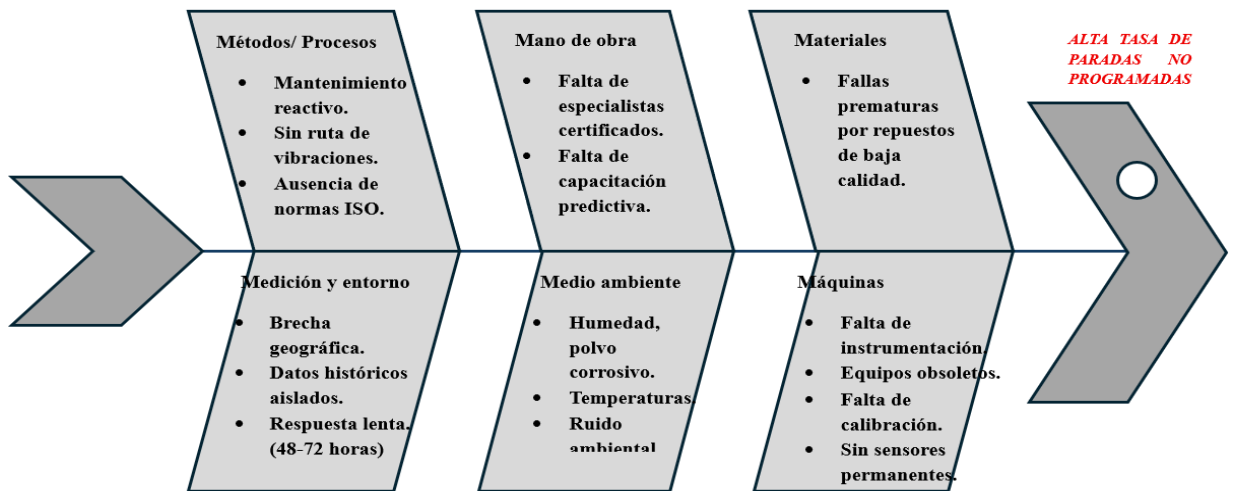


Figura 1- 10: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

1.8.2 Diagrama de Pareto

Para optimizar la estrategia de mantenimiento predictivo y asegurar un alto impacto en la confiabilidad operacional de los clientes, se aplicó un análisis de Pareto basado en la frecuencia de fallas típicas en equipos rotatorios industriales. Este análisis permite identificar el grupo reducido de anomalías que genera la mayor cantidad de detenciones imprevistas.

De acuerdo con los datos recopilados y la literatura técnica del mantenimiento basado en condición (CBM), se determinó que el 80% de las pérdidas de disponibilidad en motores, bombas y ventiladores son provocadas por el 20% de los modos de falla. En la Región del Biobío, estas causas se concentran principalmente en desalineamiento (45%) y desbalanceo (35%).

El análisis de Pareto justifica directamente el enfoque técnico de la empresa. Al concentrar los servicios en el análisis de vibraciones y balanceo dinámico, la propuesta de valor ataca las causas raíz con mayor incidencia en los costos operativos de las plantas. De este modo, el servicio no solo se limita a la captura de datos, sino que garantiza una reducción drástica de la tasa de fallas catastróficas al intervenir los factores con mayor peso estadístico en la indisponibilidad de los activos.

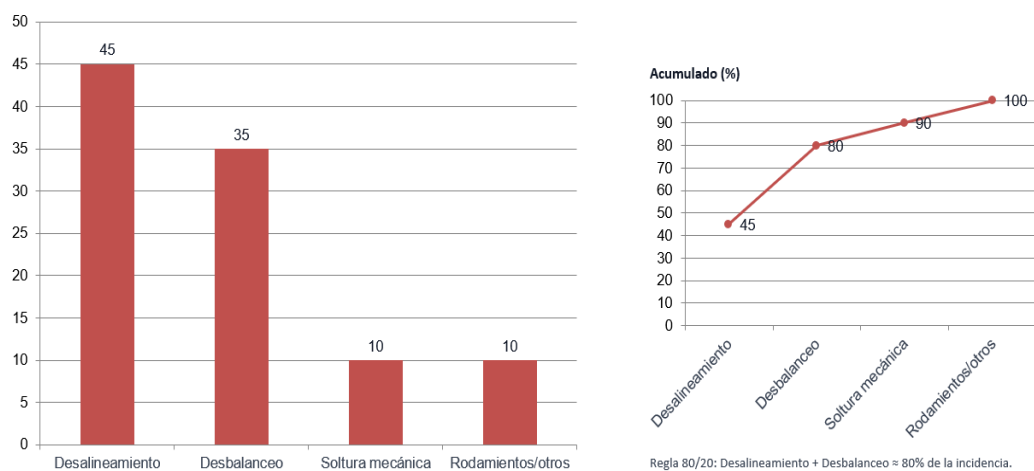


Figura 3- 1: Diagrama de Pareto – Causas de detenciones en equipos rotatorios

Fuente: Elaboración propia

1.9 BENEFICIOS ESPERADOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN RCM

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) constituye una metodología orientada a asegurar que los activos industriales continúen cumpliendo sus funciones requeridas dentro de un contexto operacional específico. Su aplicación se fundamenta en la identificación de modos de falla críticos y en la selección de estrategias de mantenimiento basadas en condición, prevención o rediseño.

Dentro de este marco, el mantenimiento predictivo apoyado en el análisis de vibraciones se posiciona como una de las herramientas más efectivas para la detección temprana de fallas mecánicas en equipos rotatorios. De acuerdo con la literatura técnica y las normas internacionales de monitoreo de condición, la implementación de programas predictivos permite anticipar anomalías tales como desbalanceo, desalineamiento, holguras mecánicas y defectos incipientes en rodamientos, antes de que estas deriven en fallas catastróficas.

Desde el punto de vista de la gestión de activos, el enfoque RCM aplicado al monitoreo de vibraciones contribuye al incremento de la confiabilidad operacional, reflejado en un aumento del tiempo medio entre fallas (MTBF), así como a la mejora de la disponibilidad, mediante la reducción del tiempo medio de reparación (MTTR). Esto se traduce en una disminución de detenciones no programadas y en una mayor estabilidad del proceso productivo.

Asimismo, la adopción de estrategias predictivas permite optimizar los costos de mantenimiento, al reducir intervenciones innecesarias, evitar reemplazos prematuros de componentes y mejorar la planificación de paradas programadas. Estudios y experiencias industriales indican que los programas de mantenimiento basado en condición pueden generar reducciones significativas en los costos anuales de mantenimiento y extender la vida útil de los activos críticos.

En este contexto, los beneficios teóricos del mantenimiento predictivo basado en RCM justifican la evaluación de proyectos orientados a la implementación de servicios especializados de monitoreo de vibraciones, especialmente en entornos industriales donde la continuidad operacional y la confiabilidad de los equipos son factores estratégicos para la competitividad.

CAPITULO 2: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS
ESTRATÉGICO

2.1 CONTEXTO DEL MERCADO INDUSTRIAL EN LA REGIÓN

El monitoreo de vibraciones ha evolucionado de ser una herramienta complementaria dentro del mantenimiento industrial a convertirse en una práctica establecida dentro de las estrategias de mantenimiento basado en condición (CBM) y en estructuras de gestión de activos bajo ISO 55000. En Chile, industrias como celulosa, energía y minería han incrementado el uso de tecnologías predictivas debido al aumento en costos de detenciones no programadas y a la creciente necesidad de mejorar la confiabilidad operativa.

A pesar de este avance, la adopción del análisis de vibracional presenta diferencias según tamaño y madurez tecnológica de las empresas. Las compañías grandes suelen contar con contratos permanentes o personal interno certificado, mientras que las pequeñas y medianas industrias dependen de servicios externos puntuales, generalmente reactivos o sin trazabilidad histórica.

Este mercado confirma la existencia de un mercado activo, creciente y con brechas técnicas detectables en la región del biobío, lo que respalda la evaluación del servicio en modalidad empresarial especializada.

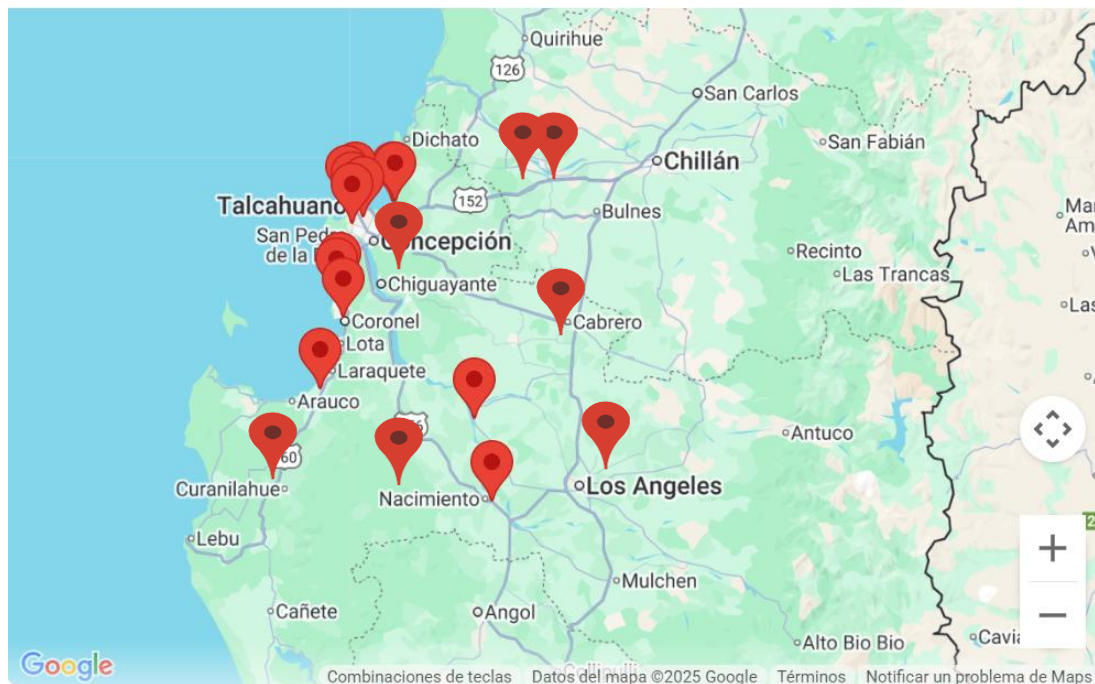


Figura 2- 1: Mapa industrial de la región del biobío

Fuente: Google Maps

2.2 MERCADO OBJETIVO DE LA EMPRESA

El mercado objetivo del proyecto se encuentra principalmente en la industria regional que opera con equipos rotatorios críticos tales como motores eléctricos, bombas centrífugas, ventiladores, compresores entre otros. Estas organizaciones requieren mantener altos niveles de disponibilidad operacional, confiabilidad y continuidad productiva, por lo que representan un segmento con alto potencial de demanda para servicios predictivos basados en análisis de vibraciones.

Dentro de la región del Biobío existe un parque industrial amplio y diverso, compuesto por plantas forestales, energéticas, alimentarias, químicas, mineras, pesqueras, metalmecánicas entre otras. Estas industrias dependen fuertemente de activos mecánicos y, en la mayoría de los casos, no cuentan con herramientas, personal especializado en mantenimiento predictivo, lo que las convierte en clientes estratégicos para la propuesta de valor del proyecto.

De forma complementaria, existen segmentos secundarios con necesidades de monitoreo puntual o periódico, como constructoras, inmobiliarias, empresas de servicios industriales y edificaciones con sistemas de bombeo. Estos clientes, si bien no requieren monitoreo continuo en todas sus instalaciones, pero si demandan diagnósticos técnicos cuando se presentan fallas, lo que abre oportunidades de servicios por evento o contrato específico.

La cobertura del servicio será gradual, es decir, los tres primeros años será de cobertura local dentro del gran concepción, mientras que el cuarto y quinto año con posibilidad de expansión regional hacia otras comunas.

Esta estrategia nos permite asegurar la cobertura técnica progresiva del servicio sin comprometer tiempos de respuesta, costos de traslado ni calidad del diagnóstico al operar de forma local y presencial. Cabe mencionar que, aunque el mercado potencial es amplio, la evaluación económica del proyecto considera, dos contratos adjudicados desde el primer año de operación. Uno de ellos corresponde al contrato ya formalizado, mientras que el segundo contrato fortalece la viabilidad financiera del proyecto desde el inicio y se enmarca en el contexto de crecimiento sostenible.

2.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL SERVICIO

La demanda actual de servicio de vibraciones mecánicas en la región del biobío proviene principalmente de industrias que operan con equipos rotatorios críticos y requieren asegurar continuidad operacional, confiabilidad y reducción de costos asociados a fallas imprevistas. Actualmente, estas plantas industriales recurren a proveedores externos o realizan diagnósticos de manera reactiva, lo que evidencia una necesidad latente por servicios predictivos especializados disponibles.

2.3.1 Demanda actual

Los sectores con mayor presencia de activos rotatorios con operación continua y por lo tanto con mayor demanda son:

Sector industrial	Observaciones
Energético	<ul style="list-style-type: none"> • Colbun • Enel • Parque eólico ERNC • Enex • Neoelectra
Celulosa	<ul style="list-style-type: none"> • Celulosa Arauco y constitución • Empresas CMPC
Forestal, Aserradero y Remanufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Masisa • Promasa • Masonite • Aserradero JCE • Blocks and Custock
Agroindustrial y Alimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Orizon • Orafti
Metalúrgica y Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Moly-cop • Indama • Edyce • Asmar • Inchalam
Petroquímicas y Sanitarias	<ul style="list-style-type: none"> • Essbio s.a. • Petroquim • Oxiquim • Oxy-chile

	<ul style="list-style-type: none"> • Fosfoquim
Pesqueras	<ul style="list-style-type: none"> • Camanchaca Pesca Sur • Fiordo Austral • Blumar • PacificBlu • FoodCorp • Landes • Aconcagua Foods
Refinería	<ul style="list-style-type: none"> • Enap Refinería Biobío
Logística e Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Puerto San Vicente • Puerto coronel • Puerto Lirquen

Tabla 2- 1: Listado de plantas industriales en la región

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que la región del biobío tiene un ecosistema industrial muy diversificado, y es probable que falten otras empresas por agregar. Solo se mencionan las plantas con operaciones de gran envergadura y alta presencia de activos rotatorios.

Actualmente más del 70% del parque industrial regional utiliza equipos rotatorios críticos, y un porcentaje importante ya ha comenzado a migrar hacia programas de mantenimiento basado en condición (CBM), sin embargo, la oferta disponible aun es limitada.

Así mismo, la alta dependencia actual de proveedores externos, principalmente de Santiago, incrementa costos, tiempos de espera y reduce la continuidad técnica del monitoreo. Esta situación representa un espacio claro para una oferta local especializada.

2.3.2 Estimación de la demanda

CONTRATO BASE YA ADJUDICADO				
Tipo de servicio	Frecuencia anual	Equipos	Costo unitario	Ingreso anual
Ruta Mensual de análisis de vibraciones	12	30	\$1.300.000	\$15.600.000
Diagnóstico Puntual	4	10	\$600.000	\$2.400.000
Balanceo Dinámico	8	8	\$550.000	\$4.400.000
Capacitación Predictiva	1	--	\$1.000.000	\$1.000.000
Visitas técnicas e informes complementarios	2	--	\$400.000	\$800.000
Total, Ingreso Anual Estimado			\$24.200.000	

Tabla 2- 2: Contrato base año 1

Fuente: Elaboración Propia

SEGUNDO CONTRATO PROYECTADO AÑO 1				
Tipo de servicio	Frecuencia anual	Equipos	Costo unitario	Ingreso anual
Ruta Mensual de análisis de vibraciones	12	30	\$1.300.000	\$15.600.000
Diagnóstico Puntual	12	15	\$600.000	\$9.000.000
Balanceo Dinámico	12	15	\$550.000	\$6.600.000
Capacitación predictiva	1	--	\$1.000.000	\$1.000.000
Visitas técnicas e informes complementarios	2	--	\$400.000	\$800.000
Total, Ingreso Anual Estimado			\$33.000.000	

Tabla 2- 3: Contrato proyectado año 1

Fuente: Elaboración Propia

2.3.3 Estructura de precios y costeo del servicio

La estrategia de precios del servicio se basa en un enfoque costeo, considerando la mano de obra especializada, los gastos operativos directos y el valor técnico asociado al uso de instrumentación especializada y análisis avanzado.

El precio final no responde únicamente al tiempo de medición en terreno, si no que incorpora el análisis técnico, la elaboración de informes y la responsabilidad asociada al diagnóstico de condición.

Ítem	Ruta mensual monitoreo (CLP/HH)	Diagnostico puntual (CLP/HH)	Balanceo dinámico (CLP/HH)	Servicios complementarios (CLP/HH)
Tarifa analista categoría 2	\$38.000	\$38.000	\$38.000	--
Tarifa técnico categoría 1	\$22.000	\$22.000	\$22.000	--
HH analista categoría 2	6	3	4	--
HH técnico categoría 1	14	3	2	---
HH análisis / informe	6	4	2	--
Costo mano de obra	\$764.000	\$452.000	\$406.000	--
Gastos operativos directos	\$136.000	\$48.000	\$44.000	--
Costo operativo total	\$900.000	\$500.000	\$450.000	--
Margen técnico y uso de instrumentación	\$400.000	\$100.000	\$100.000	--
Precio final del servicio	\$1.300.000	\$600.000	\$550.000	--
Capacitación técnica predictiva	--	--	--	\$1.000.000
Visita técnica e informe	--	--	--	\$400.000
N° total de servicios por año	60	16	20	2+4
Costo total anual	\$54.000.000	\$8.000.000	\$9.000.000	\$3.600.000
Total, costo operativo anual			\$74.600.000	

Tabla 2- 4: Estructura y costo del servicio

Fuente: Elaboración Propia

2.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE

Actualmente, la oferta de servicios especializados en análisis de vibraciones mecánicas en la región del biobío es limitada y se concentra principalmente en empresas externas o proveedores con base en Santiago. Esto significa que, aunque existe disponibilidad del servicio a nivel nacional, la presencia local es reducida, lo que genera brechas en tiempos de atención, costos logísticos y continuidad el monitoreo.

Las empresas que actualmente prestan servicios predictivos suelen ofrecerlos como parte de un paquete más amplio del mantenimiento industrial, no como una especialidad independiente. Esto implica que, en muchos casos, el análisis de vibraciones no cuenta con la dedicación técnica, frecuencia o documentación detallada requerida por industrias con alto nivel de criticidad operacional. Asimismo, algunos proveedores se enfocan en sectores específicos como celulosa o minería, dejando fuera a las industrias pequeñas y medianas que también requieren este tipo de servicios, pero no cuentan con contratos de gran escala.

Dentro de la oferta corresponde a empresas internas de mantenimiento pertenecientes a grandes industrias, que poseen instrumentos y personal capacitado para monitoreo básico. Sin embargo, estas áreas suelen tener limitaciones en tiempo, profundidad del análisis y actualización tecnológica, lo que reduce el alcance del mantenimiento predictivo y mantiene la necesidad de asesoría o soporte técnico externo.

También existe oferta a través de consultoras nacionales o multinacionales, pero estas operan bajo modalidad de visitas programadas con baja frecuencia, lo que no permite construir tendencia vibracional continua ni respuesta rápida en caso de alarmas o fallas incipientes. Adicionalmente, el costo asociado al traslado y la disponibilidad suele incrementar el valor final del servicio, volviéndose menos accesible para empresas medianas de la región.

En este contexto, se evidencia una oportunidad clara para una oferta local especializada, enfocada en análisis de vibraciones con enfoque predictivo, atención rápida en terreno, reportes claros y seguimiento periódico. Un servicio con estas características no solo cubriría una brecha técnica, sino que además permitiría generar relaciones de largo plazo mediante contratos recurrentes de monitoreo, aumentando la confiabilidad operacional del sector industrial regional.

Empresa	Ubicación base	Enfoque principal del servicio	Debilidades / Oportunidad
Predictiva ltda.	Santiago	Servicios de ingeniería de mantenimiento y vibraciones.	El traslado de especialistas desde santiago encarece el servicio puntual. Falta de continuidad presencial en biobío.
SKF chilena	Santiago / Concepción	Soluciones integrales, venta de rodamientos y contratos corporativos a gran escala.	Costos elevados. Enfoque prioritario en grandes plantas industriales como minería y celulosa.
Bureau veritas	Santiago / Concepción	Certificación de calidad e inspecciones industriales.	Costos muy elevados y su enfoque es más de cumplimiento normativo que de solucionar el problema mecánico en el momento.
Varitec	Santiago	Análisis de vibraciones en tiempo real, distribuidora de equipos	Su modelo de negocio prioriza la venta de equipos sobre la consultoría técnica recurrente y el diagnóstico en terreno.
VibroChile	Talcahuano	Monitoreo de vibraciones básico.	Alcance técnico limitado, reportabilidad básica que a menudo carece de recomendaciones para la toma de decisiones críticas.
Metso	Multinacional / Concepción	Equipos de minería y servicios de mantenimiento.	Se enfocan casi exclusivamente en minería y grandes chancadores, lo que no atienden a la pequeña y mediana industria.
Dinamix	Los ángeles	Servicios puntuales de análisis de vibraciones y balanceo.	Cobertura geográfica limitada, capacidad de respuesta reducida ante emergencias simultáneas o proyectos de monitoreo continuo masivo.
R&M	Santiago / Antofagasta	Servicios predictivos integrales (Vibraciones, termografía, ultrasonido).	Al igual que las otras de Santiago, cargan costos de traslado al cliente del biobío, encareciendo el contrato.
Empresas	Biobío	Análisis de vibraciones.	Falta de certificación externa (ISO 18436-2) y saturación de tareas correctivas que impiden el análisis profundo de tendencias.
Nueva empresa propuesta	Región del Biobío	Vibraciones, balanceo dinámico e informes técnicos.	Atención local inmediata, cumplimiento normas ISO 10816/20816 y 21940, trazabilidad histórica y reportes enfocados en la disponibilidad del activo.

Tabla 2- 5: Matriz comparativa de oferta actual de servicios en vibraciones mecánicas

Fuente: Elaboración Propia

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE MERCADO

Con el objetivo de validar la prefactibilidad comercial del proyecto y dimensionar la demanda real en la región del biobío, se aplicó un documento de encuesta a 8 empresas pertenecientes a sectores estratégicos del parque industrial local. Los resultados obtenidos permiten ratificar la oportunidad de negocio y los pilares de la propuesta de valor.

2.5.1 Caracterización de la muestra y estado actual

La muestra abarca industrias con alta dependencia de equipos rotatorios, destacando el sector petroquímico y refinería (37,5%), seguido por celulosa y papel (25%) y alimentos y bebidas (25%). Un hallazgo crítico es que el 62,5% de las plantas no cuenta con un sistema de monitoreo de vibraciones interno, lo que confirma una alta dependencia de servicios tercerizados para el mantenimiento predictivo.

2.5.2 Brecha geográfica y necesidad de servicios locales

Se identificó una clara deficiencia en la oferta regional actual, de las empresas que contratan servicios externos, el 62,5% declara que su proveedor se encuentra fuera de la zona local. El 87,5% de los encuestados califica con la puntuación máxima la importancia de contar con disponibilidad local y rapidez de respuesta. Existe una marcada insatisfacción con respecto a los tiempos de respuesta de los proveedores actuales, lo que posiciona la cercanía geográfica como un factor competitivo determinante.

2.5.3 Demanda técnica y factores de selección

En cuanto a los activos críticos, la demanda se concentra prioritariamente en bombas y ventiladores (75%), compresores (75%) y motores eléctricos de alta potencia (75%). Respecto a los criterios para seleccionar un proveedor, el 62,5% de las empresas prioriza la experiencia y certificaciones del personal técnico por sobre el precio y la frecuencia de monitoreo requerida es mayoritariamente anual (37,5%) o semestral (25%), lo que sustenta la viabilidad de contratos de largo plazo.

2.5.4 Disposición de contratación y potencial económico

Finalmente, la encuesta valida la aceptación de la nueva empresa: el 100% de los consultados manifestó estar dispuesto a considerar la contratación de un servicio local (entre "sí, definitivamente" con 62,5% y "probablemente sí" con 37,5%) si este ofrece menores tiempos de respuesta y costos de traslado reducidos. En términos de presupuesto, el 42,9% de las empresas indica un gasto anual de aproximadamente \$2.000.000 por concepto de monitoreo externo, cifra que se alinea con la estructura de precios propuesta en este estudio.

2.6 ANÁLISIS DEL ENTORNO (PESTEL)

El análisis pestel nos permite comprender de forma estructurada las condiciones externas que afectan directa o indirectamente la creación de una empresa de servicios de monitoreo de vibraciones en la región del Biobío.

Político	Económico	Social	Tecnológico	Ambiental	Legal
Chile mantiene un entorno político estable, con políticas que impulsan la inversión privada y programas de apoyo a pymes e innovación. Además, las exigencias de seguridad y continuidad en sectores estratégicos favorecen prácticas de mantenimiento más robustas.	El desempeño del sector industrial determina la demanda de servicios. En expansiones aumenta la contratación y en contracciones se buscan ahorros mediante técnicas que eviten fallas y detenciones. Existe una demanda estructural ligada a la disponibilidad de activos críticos.	Crece la cultura de seguridad, confiabilidad y prevención de fallas. Hay mayor valoración del conocimiento técnico y capacitación, lo que abre espacio a servicios especializados y asesorías técnicas en mantenimiento.	El avance en sensores, software y análisis de datos ha mejorado el diagnóstico predictivo, permitiendo monitoreo en línea e integración con gestión de activos. Esto facilita el desarrollo de empresas especializadas, pero exige actualización continua en equipos, normas y herramientas.	Las exigencias ambientales presionan a evitar fallas que generen impactos productivos o ambientales. El monitoreo de vibraciones contribuye indirectamente a prevenir eventos críticos y mejorar eficiencia energética, alineándose con políticas de sostenibilidad.	La normativa exige operar equipos de manera segura, aunque no impone directamente el análisis de vibraciones. La constitución como SPA entrega flexibilidad para incorporar socios y operar servicios especializados. El uso de normas técnicas respalda la calidad y confiabilidad de los servicios.

Tabla 2- 6: Análisis del entorno pestel

Fuente: elaboración propia

2.7 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROYECTO (FODA)

El análisis foda es una herramienta de planificación estratégica, en la cual se realiza un análisis interno y externo de un proyecto específico, con la finalidad de obtener un panorama completo para la toma de decisiones futuras. El análisis foda nos permite desarrollar estrategias como:

- FO (fortalezas – oportunidades)
Aprovechar el crecimiento del mantenimiento predictivo, ofreciendo servicios especializados de monitoreo de vibraciones.
- DO (debilidades – oportunidades)
Buscar alianzas estratégicas para compensar la falta de posicionamiento inicial.
- FA (fortalezas – amenazas)
Usar la trazabilidad técnica como barrera frente a la competencia.
- DA (debilidades – amenazas)
Diversificar servicios para mantener estabilidad frente a cambios del mercado

A continuación, se presenta el análisis foda elaborado para el proyecto propuesto:

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Especialización técnica del servicio. • Equipos profesionales de alta precisión. • Respuesta rápida al ser un proveedor local. • Bajos costos de operación inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Amplia industria regional. • Escasez de servicios predictivos locales. • Crecimiento de la demanda por eficiencia y confiabilidad. • Espacio para contratos anuales y recurrentes.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Emprendimiento nuevo sin reputación establecida. • Inversión inicial relativamente alta. • Dependencia de uno o pocos clientes en primeras etapas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Competencia futura de empresas externas. • Condiciones económicas que afecten la industria. • Fallas de equipos propios si no se mantienen en regla.

Tabla 2- 7: Análisis foda

Fuente: Elaboración propia

2.8 ESTRATEGIA DE POSICIONAMIENTO COMERCIAL

La estrategia de posicionamiento se fundamenta en cubrir el vacío de servicio existente en la región del biobío; la falta de proveedores especializados que combinen capacidad de respuesta inmediata con alta rigurosidad técnica. Mientras que los grandes competidores ofrecen servicios estandarizados y lejanos, nuestra propuesta de valor se posiciona en la personalización y la agilidad.

La estrategia comercial se basará en tres pilares diferenciadores:

- Cercanía geográfica
Eliminación de costos por viáticos y reducción de tiempos de respuesta ante emergencias.
- Reportabilidad para la toma de decisiones
Transformación de datos técnicos complejos en informes ejecutivos claros que justifiquen las intervenciones de mantenimiento.
- Cumplimiento normativo
Garantía de que cada diagnóstico está respaldado por estándares internacionales vigentes, otorgando seguridad técnica y legal al cliente

**CAPITULO 3: ESTUDIO TÉCNICO DEL SERVICIO Y DISEÑO DE
IMPLEMENTACIÓN**

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El siguiente proyecto se enfoca en la creación de una empresa de servicios de monitoreo de vibraciones, basada en el mantenimiento predictivo de equipos rotatorios en plantas industriales. La empresa ofrecerá servicios técnicos especializados en análisis de vibraciones, diagnóstico mecánico, balanceo dinámico, seguimiento de tendencias y elaboración de informes técnicos. Con el objetivo de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos industriales.

El servicio estará dirigido a plantas de procesos industriales que operan con equipos rotatorios tales como bombas centrífugas, motores eléctricos, ventiladores, compresores, reductores, entre otros. La propuesta considera un modelo de negocio basado en contratos anuales de monitoreo y servicios puntuales complementarios.

El propósito central del proyecto es evaluar la prefactibilidad técnica y económica de implementar esta empresa, determinando los requerimientos de equipamiento, recursos humanos, estructura organizacional y proyección financiera necesaria para su puesta en marcha y crecimiento progresivo.

3.2 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio corresponde a una evaluación en etapa de prefactibilidad técnico-económica y, por lo tanto, sus resultados tienen carácter exploratorio. El alcance del proyecto incluye:

- Análisis del contexto regional en servicios de monitoreo de vibraciones mecánicas.
- Determinación del portafolio técnico inicial, infraestructura requerida y capacidades profesionales necesarias.
- Estimación de costos operativos e inversión inicial.
- Proyección de ingresos con crecimiento escalonado según adopción del servicio.
- Análisis económico mediante modelos financieros estándar (VAN – TIR – PIR).

Cabe mencionar que el estudio no contempla la ejecución física ni la adquisición real de los equipos, sino la evaluación preliminar de su viabilidad como base para una futura implementación. Dicho proyecto se basa en un cliente inicial realista y en estimaciones de mercado obtenidas mediante observación profesional, cotizaciones y datos comparativos.

El propósito final del estudio es entregar un marco teórico y financiero preliminar, que permita decidir si el proyecto debe avanzar a una etapa posterior de factibilidad o implementación.

3.3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS DEL SERVICIO

3.3.1 Requerimientos técnicos

Corresponden a los equipos, instrumentos, software y estándares mínimos que permiten ejecutar el servicio de análisis de vibraciones de manera profesional.

Equipo / Herramienta	Descripción técnica
Analizador de vibraciones portátil DSP Logger Expert (SEMAPI)	Analizador portátil de vibraciones y balanceo dinámico. 6 canales analógicos IEP, frecuencia 0,2 – 20 kHz, análisis FFT y envolvente, módulo de balanceo, software de diagnóstico.
Sensores acelerómetros industriales SEMAPI 100 mV/g	Acelerómetros piezoeléctricos industriales de 100 mV/g con conectores BNC herméticos, rango +-50 g, respuesta de frecuencia 0,5 Hz – 12 kHz. Incluyen cables blindados y base magnética para medición en campo.
Tacómetro óptico, sensor laser SEMAPI	Sensor óptico de referencia de velocidad para medición de fase y balanceo dinámico. Rango de detección 0,5 – 20.000 rpm, salida TTL compatible con DSP Logger, incluye trípode y cables de conexión.
Notebook industrial	Procesador i7, SSD 1TB, software predictivo instalado
Herramientas menores y EPP	Llaves, extractores, calibradores, EPP, etc.
Camioneta	Camioneta Toyota Hilux 4x2 año 2022

Tabla 3- 1: Requerimientos técnicos

Fuente: Elaboración propia



Figura 3- 1: Analizador de vibraciones DSP Logger Expert

Fuente: Elaboración propia



Figura 3- 2: Herramientas menores

Fuente: Elaboración propia



Figura 3- 3: Notebook Industrial

Fuente: Elaboración propia



Figura 3- 4: Camioneta Hilux 4x2

Fuente: www.portillo.cl

3.3.2 Normas técnicas de referencia

Para asegurar la calidad de los diagnósticos, el servicio se basa en las siguientes normas técnicas principales.

Norma	Descripción
ISO 10816 / 20816	Evaluación de la severidad de vibraciones en máquinas rotatorias.
ISO 1940 / 21940	Balaneo de rotores rígidos, incluyendo criterios de calidad de balaneo.
ISO 17359	Monitoreo de condición de máquinas, lineamientos para programas de mantenimiento basado en condición.
ISO 18436-2	Requisitos de competencia y certificación de personal en análisis de vibraciones.

Tabla 3- 2: Normas de referencia para los diagnósticos

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Estructura operacional

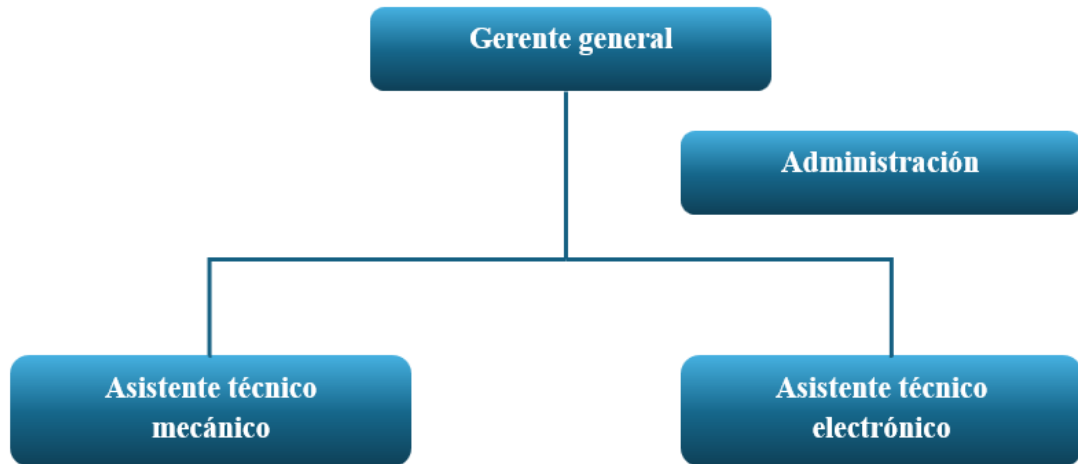


Figura 3- 2: Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Cargo	Perfil / Profesión	Principales funciones
Gerente técnico y analista de vibraciones – Categoría 2	Ingeniero en mantenimiento / dirección estratégica y operativa.	Supervisión técnica y comercial, generación de informes, ejecución de mediciones, planificación anual, control de calidad y contacto con cliente.
Asistente técnico / balanceador – Categoría 1	Técnico mecánico nivel superior / Apoyo operativo.	Ejecución de mediciones en terreno, balanceo dinámico, inspección técnica de equipos, levantamiento de información.
Asistente técnico / balanceador – Categoría 1	Técnico electrónico nivel superior / Apoyo operativo.	Medición en terreno, apoyo en balanceo dinámico, inspección y registro técnico, soporte operativo.
Administración	Técnico en administración (soporte administrativo y financiero).	Facturaciones, gestiones, coordinación con cliente, manejo de agendas, elaboración de presupuestos, compra y control financiero.

Tabla 3- 3: Perfil personal de la empresa

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Requerimientos de operación en terreno

Movilización y logística local	Vehículo o medio de transporte para desplazarse a las plantas industriales.
Condiciones de seguridad y permisos de acceso	Coordinación con las áreas de prevención de riesgos de los clientes, cumplimiento de normas internas de seguridad y uso obligatorio de EPP.
Trazabilidad de la información	Registro de cada medición con fecha, equipo, punto de medición y condición observada.
Tiempo de respuesta y planificación	Definición de plazos máximos para entrega de informes técnicos, programación de rutas de medición y visitas de seguimiento según criticidad de equipos.

Tabla 3- 4: Requerimientos de operación en terreno

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Flujo operacional

El desarrollo del servicio se realiza en modalidad programada, de acuerdo con lo mostrado en los flujos a continuación y de forma auto explicativa para cada paso.

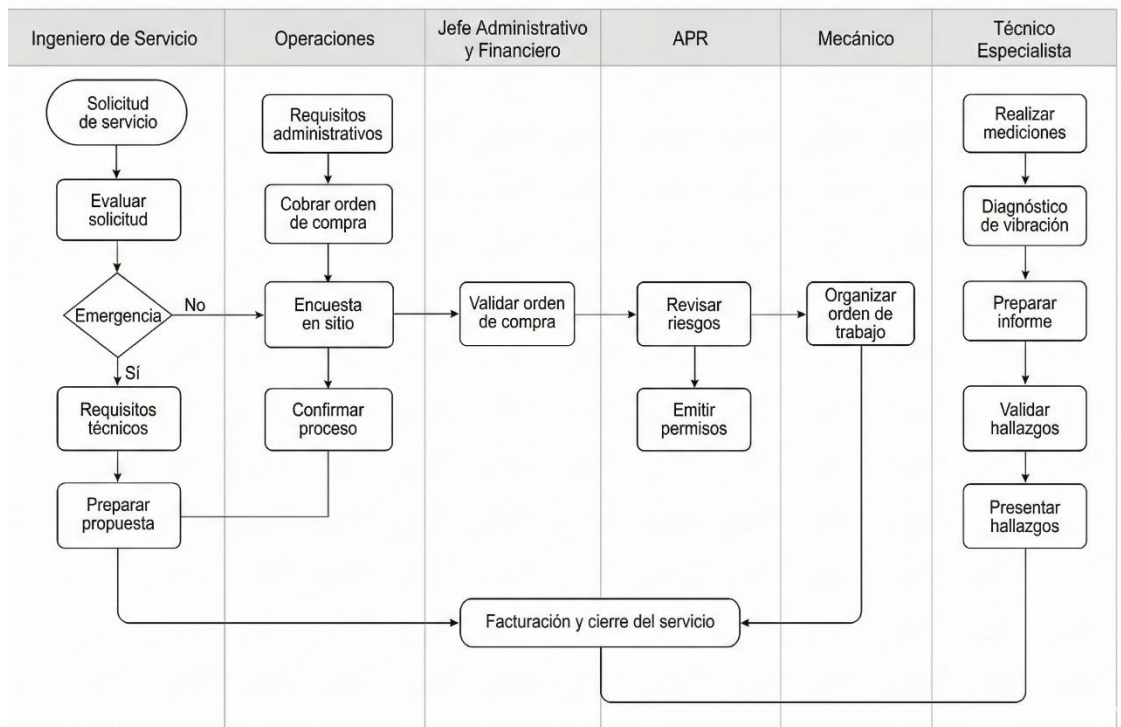


Figura 3- 3: Flujo Operacional

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6 Capacidad operativa del servicio

Con el fin de asegurar la coherencia entre la estructura de precios, los recursos humanos disponibles y la proyección de ingresos del proyecto, se define a continuación la capacidad operativa del servicio.

Ítem	Analista de vibraciones categoría 1 (HH)	Técnico / Balanceador categoría 2 (HH)	Técnico / Balanceador categoría 2 (HH)
Disponibilidad mensual	160	160	160
Distribución de tiempo			
Medición en terreno (45%)	72	72	72
Análisis e informe técnico	56	--	--
Gestión y coordinación (20%)	32	32	32
HH disponibles para servicios	128	72	72
Consumo de HH por servicio			
Ruta mensual (30 equipos)	12	14	14
Diagnóstico puntual	7	3	3
Balanceo dinámico	6	2	2
Capacitación técnica	8	--	--
Visita técnica e informe	6	--	--
Capacidad máxima mensual estimada			
Rutas mensuales posibles	10	5	5
Diagnósticos puntuales posibles	18	24	24
Balanceos dinámicos posibles	21	36	36
Limite operativo recomendado	≤ 3 contratos mensuales	≤ 3 contratos mensuales	≤ 3 contratos mensuales

Tabla 3- 5: Capacidad operativa del servicio

Fuente: Elaboración propia

La capacidad operativa del proyecto se define en función de una dotación compuesta por un analista de vibraciones, dos técnicos asistentes y una persona encargada de administración. Cada técnico cuenta con una disponibilidad mensual de 160 horas, aunque solo una fracción de ese tiempo se destina a la ejecución directa de servicios, ya que se considera tiempo necesario para actividades complementarias como planificación, análisis, elaboración de informes y coordinación.

Bajo esta estructura, el equipo técnico cuenta con 128 horas mensuales del analista y 144 horas combinadas de las dos asistentes técnicas dedicadas a la atención de servicios en terreno. Esta capacidad permite cubrir de forma eficiente una carga operativa correspondiente a hasta 3 contratos mensuales, garantizando la calidad del servicio y los tiempos de respuesta.

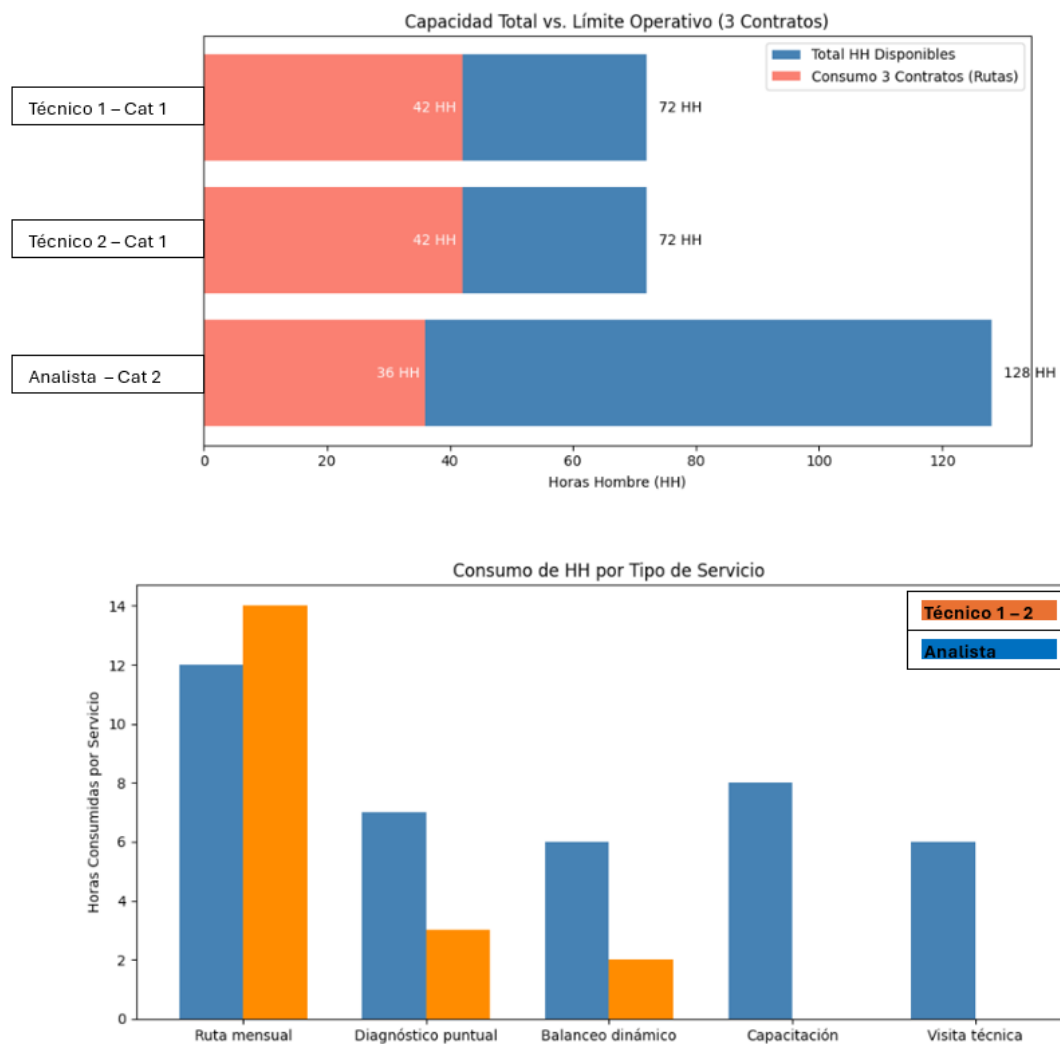


Figura 3- 4: Análisis de disponibilidad y consumo de servicio

Fuente: Elaboración propia

3.4 CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA

3.4.1 La Empresa

Una empresa puede definirse como una organización económica y social conformada por recursos humanos, técnicos y materiales, que tiene como propósito producir bienes o servicios que generan valor. Su función principal es identificar y satisfacer necesidades del mercado a través de la utilización eficiente de los factores productivos disponibles.

Además de su actividad económica, la empresa cumple un rol estratégico dentro de su entorno, ya que contribuye al desarrollo productivo, genera oportunidades laborales y fomenta la innovación. En este sentido, no solo se limita a operar como un ente comercial, sino que también actúa como un agente activo en el crecimiento y sostenibilidad del sector en el cual participa.

En el contexto industrial actual, las empresas requieren adaptarse constantemente a las necesidades del mercado y las exigencias tecnológicas. Esto incluye incorporar herramientas y servicios especializados que permitan mejorar la eficiencia, la continuidad operativa y la gestión de sus activos. En particular, las organizaciones que dependen de equipos rotatorios y procesos productivos continuos necesitan soluciones técnicas que reduzcan fallas inesperadas, optimicen el mantenimiento y aseguren la confiabilidad.

3.4.2 Clasificación de las Empresas

Clasificación de empresa	Número de trabajadores
Microempresa	1 – 9
Mediana	10 – 49
Pequeña	50 – 199
Grande	200 – más

Tabla 3- 6: Clasificación de empresa por número de trabajadores

Fuente: Dirección del Trabajo

Clasificación de empresa	Volumen venta (UF)
Microempresa	0 – 2.400
Mediana	2.400 – 25.000
Pequeña	25.000 – 100.000
Grande	100.000 – más

Tabla 3- 7: Clasificación de empresa según ventas anuales

Fuente: Servicio de Impuesto Interno

3.4.3 Clasificación Según su Constitución Jurídica

Al momento de crear una empresa en Chile, es fundamental definir su forma jurídica, ya que esta determina aspectos esenciales como el nivel de responsabilidad legal, frente a deudas, el régimen tributario aplicable, la forma de administración y la participación de socios o inversionistas. La elección del tipo societario influirá en la estructura administrativa, el acceso a financiamiento, el grado de protección patrimonial y la capacidad de crecimiento futuro del emprendimiento.

A continuación, se presenta una síntesis de las principales formas jurídicas existentes en el país:

- Empresa Unipersonal

Corresponde a un modelo en el cual la propiedad recae en una sola persona natural. Todas las utilidades generadas pertenecen al propietario, pero también debe responder con su patrimonio personal ante deudas u obligaciones, dado que la responsabilidad no está separada del titular. Es una estructura simple, pero con un nivel de riesgo elevado.

- Empresa Individual de Responsabilidad Limitada (EIRL)

Al igual que la unipersonal, puede ser constituida por una sola persona, pero en este caso la responsabilidad es limitada al capital aportado. La EIRL protege el patrimonio personal del titular ante eventuales obligaciones. Sin embargo, su principal limitación es que únicamente permite un giro comercial, lo cual reduce flexibilidad en el desarrollo futuro del negocio.

- Sociedad Anónima (S.A.)

Es una persona jurídica de responsabilidad limitada conformada por accionistas. La propiedad se representa mediante acciones y su administración se realiza a través de una junta de accionistas, un directorio y una gerencia. Es adecuado para grandes empresas con múltiples inversionistas, pero requiere estructuras administrativas más complejas y formales.

- Sociedad por Acciones (SPA)

Es una figura jurídica flexible, que puede ser constituida por uno o más socios. La participación se representa mediante acciones y responsabilidad de cada integrante se limita al monto aportado. No exige directorio ni estructura administrativa compleja y permite desarrollar un o varios giros comerciales. Además, facilita la incorporación de nuevos socios e inversionistas mediante la compra o transferencia de acciones, razón por la cual se ha consolidado como una de las opciones más utilizadas en emprendimientos modernos.

- Sociedad de Responsabilidad Limitada (LTDA)

Conformada por dos a cincuenta socios, quienes responden únicamente por el capital aportado. Una de sus características es que las decisiones requieren con censo total y las participaciones no pueden transferirse libremente, lo que puede generar rigidez en procesos de expansión o incorporación de nuevos socios.

- Sociedad Colectiva Comercial

Debe ser conformada por dos o más socios que responden de forma ilimitada ante obligaciones legales o financieras. Debido al nivel de compromiso requerido y riesgo patrimonial asociado, este tipo de sociedad suele utilizarse en proyectos donde existe alto grado de confianza entre socios.

3.4.4 Tipo de Empresa Seleccionada Según el Tipo de Negocio

Considerando las características del proyecto, proyección de crecimiento y necesidad de flexibilidad operativa, la estructura jurídica seleccionada corresponde a una sociedad por acciones (SPA). Esto nos permite iniciar con un solo accionista y posteriormente sumar nuevos socios o inversionistas en caso de expansión, manteniendo un modelo de administración simple y adecuado para un negocio en etapa inicial.

Asimismo, la responsabilidad limitada protege el patrimonio personal del emprendedor y permite trabajar con múltiples actividades comerciales dentro del rubro técnico-industrial, lo cual es clave para la incorporación futura de servicios complementarios como termografía, boroscopia, alineación láser u otros diagnósticos especializados.

3.4.5 Características Legales Principales

Características legales principales	
Tipo	Sociedad por Acciones (SpA)
Capital Inicial Estimado	\$45.200.000
Domicilio	Región del Bio-bío
Actividad Económica	Servicios de ingeniería y mantenimiento industrial
Régimen Tributario	14 D3 – Régimen pro-pyme general
Requisitos Adicionales	Registro de marca comercial y acreditación técnico ISO 18436-2 (análisis de vibraciones)

Tabla 3- 8: Características legales de la empresa

Fuente: Elaboración propia

3.5 MODELO DE NEGOCIO (CANVAS)

Con el objetivo de representar de manera clara y estructurada el funcionamiento del proyecto, se utiliza el modelo de negocio canvas. Este nos permite visualizar de forma sintética los elementos centrales del proyecto.

Socios claves <ul style="list-style-type: none"> - Proveedores de equipos. - Centros de capacitación técnica. - Entidades financieras o inversionistas. - Socios estratégicos para servicios de mantenimiento. 	Actividades claves <ul style="list-style-type: none"> - Medición en terreno y diagnóstico de fallas. - Elaboración de informes técnicos y seguimiento de tendencias. - Balanceo dinámico. - Estandarizar conocimientos técnicos y certificaciones a través de cursos y procedimientos. - Administración y marketing digital. 	Propuesta de valor <ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico profesional de vibraciones mecánicas. - Atención local en la región del Biobío. - Enfoque en la confiabilidad operacional y la reducción de costos de mantenimiento. - Precios competitivos frente a proveedores externos. - Elaboración de informes técnicos y asesorías en la gestión de mantenimiento como valor agregado al servicio. 	Relación con los clientes <ul style="list-style-type: none"> - Soporte técnico profesional. - Planes de monitoreo periódico y contratos anuales. - Atención a emergencias con disponibilidad según acuerdo. - Comunicación mediante visitas. 	Segmento de clientes <ul style="list-style-type: none"> - Grandes y medianas plantas industriales (energía, minería, celulosa, forestal, alimentos, entre otras) - Contratistas de mantenimiento.
Estructura de costos <ul style="list-style-type: none"> - Costos y gastos fijos por remuneraciones. - Costos fijos por arriendo de oficina. - Gastos fijos por pago de servicios y arriendo de vehículo. - Gastos variables por pago de servicios de alimentación. - Gastos variables por compra de herramientas, EPP, cursos, exámenes de seguridad, pago de impuestos, etc. 	Recursos claves <ul style="list-style-type: none"> - Equipamiento técnico. - Software predictivo con base de datos en la nube. - Movilización y logística en terreno. - Personal certificado. - Presencia digital básica (correo). 		Canales <ul style="list-style-type: none"> - Sitio web corporativo. - Ferias industriales. - Redes profesionales. 	Fuentes de ingreso <ul style="list-style-type: none"> - Contratos recurrentes anuales, con crecimiento progresivo del portafolio de clientes desde 2 contrato el primer año. - Servicios puntuales de diagnóstico y balanceo. - Capacitaciones técnicas en análisis de vibraciones. - Venta de informes técnicos especializados

Tabla 3- 9: Modelo de negocio canvas

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL
PROYECTO

4.1 PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO VARIABLE

Para la proyección de ingresos del proyecto, se definió una tasa de crecimiento variable anual, en lugar de una tasa fija. Esto debido a que, las empresas de servicios técnicos en etapa inicial presentan comportamientos diferenciados según su ciclo de desarrollo, pasando por fases de introducción, crecimiento y maduración.

Se establece que, para estudios de prefactibilidad, las tasas de crecimiento deben fundamentarse en dos componentes:

$$g = g_i + g_m$$

Donde:

- g_i = Componente inflacionario asociado a reajustes técnicos promedio del sector, con estimación entre 3 y 4%.
- g_m = Componente de crecimiento real derivado de mayor adopción del servicio, expansión comercial, mejora reputacional y economías de escala, con estimación entre 2 y 15%, dependiendo de la etapa del negocio.

En consecuencia, la tasa aplicada en este estudio considera tres fases:

Etapa	Años	Justificación	Crecimiento aplicado
Introducción	1 – 2	Servicio nuevo en el mercado, bajo reconocimiento.	8%
Crecimiento	3 – 4	Aumento de confianza técnica, expansión comercial gradual.	12 – 15%
Maduración	5	Contratos recurrentes, adopción sostenida.	10%

Tabla 4- 1: Crecimiento porcentual aplicado

Fuente: Elaboración Propia

Con ello, la formula aplicada para proyectar los ingresos fue:

$$I_t = I_{t-1} \times (1 + g_t)$$

Donde:

- I_t = ingreso proyectado para el año t
- g_t = Tasa variable de crecimiento aplicada por etapa
- $I_0 = \$57.200.000$

El crecimiento variable refleja un comportamiento real del mercado, es decir, al principio existe una baja penetración, luego el crecimiento aumenta a medida que el servicio gana confianza, y finalmente se estabiliza. Una tasa fija crea una proyección artificialmente lineal, que no refleja como crecen realmente los servicios industriales técnicos.

4.2 PROYECCIÓN FINAL CON CRECIMIENTO VARIABLE

Año	Base de cálculo	Tasa aplicada	Formula aplicada	Ingreso proyectado
1	--	--	--	\$57.200.000
2	Año 1	8%	$57.200.000 \times (1 + 0,08)$	\$61.776.000
3	Año 2	12%	$61.776.000 \times (1 + 0,12)$	\$69.189.120
4	Año 3	15%	$69.189.120 \times (1 + 0,15)$	\$79.567.488
5	Año 4	10%	$79.567.488 \times (1 + 0,10)$	\$87.524.236

Tabla 4- 2: Proyección final con crecimiento variable

Fuente: Elaboración Propia

4.3 INVERSIÓN

Los costos de inversión son todos aquellos costos utilizados desde el inicio de la idea que da inicio al proyecto y que son utilizados para el desarrollo del proyecto y eventualmente solventar inicialmente sus costos asociados.

4.4 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

4.4.1 Activos fijos depreciables

Los activos fijos corresponden a los equipos e instrumentos necesarios para la prestación del servicio de monitoreo de vibraciones. Estos bienes tienen vida útil superior a un año y, por lo tanto, se consideran depreciables.

Equipo / Herramienta	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Analizador de vibraciones portátil DSP Logger Expert (SEMAPI)	1	\$16.000.000	\$16.000.000
Sensores acelerómetros industriales SEMAPI 100 mV/g	4	\$350.000	\$1.400.000
Tacómetro óptico, sensor laser SEMAPI	1	\$600.000	\$600.000
Notebook industrial	1	\$2.200.000	\$2.200.000
Herramientas menores y EPP	--	--	\$4.000.000
Camioneta Toyota Hilux 4x2	1	\$15.000.000	\$15.000.000
Total, activos fijos		\$39.200.000	

Tabla 4- 3: Activos depreciables

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Activos intangibles o activos nominales

Son activos que no tienen forma física, pero si valor económico, es decir, no se deprecian como los activos fijos, pero si forman parte de la inversión inicial.

Concepto	Costo
Marketing inicial	\$600.000
formalización legal / Certificaciones	\$1.400.000
Capacitación inicial	\$0
Otros intangibles	\$0
Total, activos nominales	\$2.000.000

Tabla 4- 4: Activos intangibles

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3 Capital de trabajo

Corresponde a los recursos financieros necesarios para asegurar la continuidad operativa de la empresa durante su etapa inicial, cubriendo los costos antes de que se genere un flujo de ingresos constantes.

Para efectos de esta evaluación, se ha dimensionado el monto necesario para cubrir la totalidad de los gastos operacionales correspondientes al primer mes de operación, inversión que debe estar disponible en el periodo de puesta en marcha (año 0).

El proyecto contempla un capital de trabajo inicial de \$4.000.000, el cual será cubierto mediante capital propio. A continuación, se detalla la estructura de costos considerada:

Concepto	Monto
Sueldos	\$3.200.000
Insumos operacionales	\$300.000
Combustible / Movilización	\$250.000
Servicios básicos	\$160.000
Otros gastos operativos	\$90.000
Capital de Trabajo Total	\$4.000.000

Tabla 4- 5: Capital de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4 Total, de Inversión Inicial

$$\text{Inversión inicial} = \text{Activos Fijos} + \text{Activos Nominales} + \text{Capital de Trabajo}$$

$$= \$39.200.000 + \$2.000.000 + \$4.000.000$$

$$\text{Inversión Inicial} = \$45.200.000$$

4.4.5 Financiamiento del proyecto

Para la puesta en marcha del proyecto se requiere una inversión inicial total de \$45.200.000. Al tratarse de una empresa nueva, se ha definido una estrategia de financiamiento mixto, combinando capital propio con crédito bancario. Esta decisión permite equilibrar el uso de recursos personales, reducir el desembolso inicial del emprendedor y acceder a activos estratégicos sin comprometer de forma excesiva la liquidez del proyecto.

En esta estructura, el 50% del monto requerido será financiado mediante aportes del capital propio, mientras que el 50% restante será cubierto a través de crédito bancario u otro mecanismo financiero, principalmente destinado a la adquisición de equipamiento técnico y vehículo de trabajo. Esta combinación permite fortalecer la capacidad operativa desde el inicio, manteniendo un nivel de deuda controlado y compatible con los flujos de caja proyectados.

Para efectos del presente estudio, se estima una tasa de interés anual del 12 % para el crédito bancario, en base a tasas promedio vigentes para créditos comerciales entregadas por instituciones financieras nacionales, según reportes del Banco Central de Chile. Esta tasa incluye un margen adicional por riesgo asociado a la naturaleza de emprendimiento del proyecto y no contar con historial crediticio previo.

Se considera que esta modalidad de financiamiento es adecuada para una etapa temprana, siempre que el crédito sea obtenido bajo condiciones razonables de tasa, plazo y garantías. Su inclusión en el modelo económico permite representar de forma más realista el proceso de puesta en marcha y crecimiento del proyecto.

En etapas posteriores, se recomienda reevaluar la incorporación de socios estratégicos, inversionistas externos o líneas de financiamiento complementarias que faciliten la expansión sin comprometer la sostenibilidad financiera.

4.5 COSTOS OPERACIONALES

Los costos operacionales se dividen en fijos y variables, asociados al funcionamiento técnico y administrativo del servicio.

Tipo de costo	Concepto	Monto anual		
Fijo	Sueldo gerente técnico	\$18.000.000	Total, costos fijos \$54.440.000	
	Sueldo asistente técnico 1	\$12.000.000		
	Sueldo asistente técnico 2	\$12.000.000		
	Administración	\$9.000.000		
Variable	Arriendo y servicios	\$14.000.000	Total, costos variables \$5.000.000	
	Licencias software	\$1.440.000		
	Combustible y peajes	\$3.000.000		
	Mantenimiento y calibración	\$1.000.000		
	Insumos técnicos	\$1.000.000		
	Total, anual operativo			\$71.440.000

Tabla 4- 6: Costos operacionales

Fuente: Elaboración Propia

4.6 PROYECCIÓN DE COSTOS

Para proyectar los flujos financieros del proyecto fue necesario definir una evolución anual tanto de ingresos como de costos operacionales.

Dado que los ingresos están relacionados con la penetración progresiva del servicio en el mercado, estos fueron modelados bajo una tasa de crecimiento variable, mientras que los costos fueron proyectados con una variación anual del 3%.

Se expresa matemáticamente como:

$$C_t = C_{t-1} \times (1 + 0.03)$$

Donde:

- C_t = Costo anual proyectado en el año t
- 0,03 = Tasa de incremento anual (%)

4.6.1 Evolución proyectada de costos operativos

Año	Formula aplicada	Costos proyectados
1	--	\$71.440.000
2	$71.440.000 \times (1 + 0,03)$	\$73.583.200
3	$73.583.200 \times (1 + 0,03)$	\$75.790.696
4	$75.790.696 \times (1 + 0,03)$	\$78.064.416
5	$78.064.416 \times (1 + 0,03)$	\$80.406.348

Tabla 4- 7: Evolución proyectada de costos operativos

Fuente: Elaboración Propia

4.6.2 Flujo de ingresos proyectado

Año	Ingreso proyectado con crecimiento aplicado	Contrato	Formula aplicada	Ingresos totales
1	\$57.200.000	2	$57.200.000 \times 2$	\$114.400.000
2	\$61.776.000	2	$61.776.000 \times 2$	\$123.552.000
3	\$69.189.120	2	$69.189.120 \times 2$	\$138.378.240
4	\$79.567.488	2	$79.567.488 \times 2$	\$159.134.976
5	\$87.524.236	2	$87.524.236 \times 2$	\$175.048.472

Tabla 4- 8: Flujo de ingresos proyectado

Fuente: Elaboración Propia

4.6.3 Flujo de caja proyectado

Año	Ingresos	Inversión	Costos Operativos	Gastos financieros (12%)	Flujo neto anual
0	0	\$45.200.000	0	0	-\$45.200.000
1	\$114.400.000	0	\$71.440.000	\$7.440.698	\$35.519.302
2	\$123.552.000	0	\$73.583.200	\$7.440.698	\$42.528.102
3	\$138.378.240	0	\$75.790.696	\$7.440.698	\$55.146.846
4	\$159.134.976	0	\$78.064.416	\$7.440.698	\$73.629.592
5	\$175.048.472	0	\$80.406.348	0	\$94.642.123

Tabla 4- 9: Flujo de caja proyectado

Fuente: Elaboración Propia

4.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

Según información del banco central de Chile, la tasa libre de riesgos para empresas nuevas o de tamaño medio, fluctúa en el 4% anual sumándole un riesgo de negocio del 4%, por lo que se define que el 8% es la tasa mínima aceptable de retorno o tasa de descuento base.

4.7.1 Valor actual neto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^5 \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

- Ft: Flujo neto en el año t
- r: Tasa de descuento
- I₀: Inversión inicial año 0

Sustituyendo los valores:

$$VAN = \frac{35.519.302}{(1+0.08)^1} + \frac{42.528.102}{(1+0.08)^2} + \frac{55.146.846}{(1+0.08)^3} + \frac{73.629.592}{(1+0.08)^4} + \frac{94.642.123}{(1+0.08)^5}$$

$$VAN = (32.888.242) + (36.460.992) + (43.777.344) + (54.119.948) + (64.411.838)$$

$$VAN = 231.658.364 + (-45.200.000)$$

$$VAN = 186.458.364$$

4.7.2 Tasa Interna de retorno (TIR)

Representa la rentabilidad efectiva que genera el proyecto, es decir, la tasa de descuento que iguala el valor actual neto (VAN) a cero. Este indicador permite evaluar la eficiencia del capital invertido, independiente de la tasa de descuento utilizada.

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- I_0 : Inversión inicial año 0
- F_t : Flujo neto del año t
- r: Tasa interna de retorno
- n: Número de años del proyecto

En el análisis realizado, la tasa interna de retorno (TIR) se encuentra por sobre el 95%, lo que indica un alto nivel de rentabilidad del proyecto bajo las condiciones actuales. No obstante, se advierte que este valor puede verse afectado por la duración del horizonte evaluado. En plazos más extensos, donde el proyecto consolide su cartera de clientes y optimice su estructura de costos, la TIR podría estabilizarse en valores más representativos y sostenibles.

4.7.3 Período de recuperación de la inversión (PIR)

El periodo de recuperación (PIR) indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los flujos netos generados por el proyecto. En este escenario actual, con financiamiento mixto, el PIR estimado es de 1,23 años, lo que refleja una recuperación ágil del capital invertido.

Sin embargo, si se analiza un escenario más conservador con menor cantidad de contratos o flujos más variables, el plazo podría extenderse más allá de los cinco años. En este contexto, la adjudicación de un tercer contrato o el aumento en la demanda de servicios puntuales por parte del cliente piloto podrían acelerar la recuperación y mejorar la liquidez operativa en mediano plazo.

$$\text{PIR} = a + \frac{I_0 - \sum_{t=1}^a F_t}{F_{a+1}}$$

Donde:

- I_0 : Inversión inicial año 0
- F_t : Flujo neto del año t
- a: Último año antes de que el flujo acumulado supere la inversión

$$\text{PIR} = 1 + \frac{9.680.698}{42.528.102} = 1 + 0,2276$$

$$\text{PIR} = 1,23 \text{ años}$$

CONCLUSIONES

El presente estudio de prefactibilidad permitió validar técnica, comercial y financieramente una propuesta de servicio de monitoreo, predictivo por análisis de vibraciones orientada a la industria regional del Biobío.

Desde el punto de vista técnico, se confirmó que el servicio es implementable en una etapa inicial, mediante una estructura operativa acotada, basada en equipamiento especializado, personal certificado y procedimientos estandarizados. El uso de metodologías reconocidas internacionalmente garantiza un diagnóstico confiable, capaz de detectar fallas incipientes y contribuir a la mejora de la confiabilidad operativa de los activos industriales.

A nivel de mercado, se evidencio una demanda insatisfecha por servicios locales de monitoreo de vibraciones, especialmente en industrias con operación continua y equipos críticos. La baja oferta especializada en la región, junto con la dependencia de proveedores externos, genera oportunidades claras para una propuesta de valor basada en atención local, rapidez de respuesta, rigor técnico y reportabilidad especializada.

Económicamente, el proyecto considera una inversión inicial total de \$45.200.000, financiada en modalidad mixta, 50% crédito bancario y 50% capital propio. La inclusión de un segundo contrato desde el primer año mejora significativamente los flujos proyectados. Los resultados del análisis financiero con financiamiento realista reflejan una alta rentabilidad, con un valor actual neto positivo de \$186 millones, una tasa interna de retorno de 95% y un período de recuperación de solo 1,23 años, consolidando su viabilidad económica.

En síntesis, el proyecto presenta condiciones técnicas sólidas, una oportunidad comercial concreta y una rentabilidad atractiva en el mediano plazo. se recomienda avanzar a una etapa de factibilidad con mayor nivel de detalle, enfocada en estrategias de consolidación comercial, incorporación de nuevos contratos, y validación del modelo financiero con instituciones de financiamiento.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

- Curso Interno Turbomecánica “Análisis de Vibraciones y Balanceo” CM-8, Relator Bruno Gunther B. – Sixto Saldivia P. Año 1989.
- Curso Interno Turbomecánica “Introducción a la Mantenición de Equipos” CM-4, Modulo I – Análisis de Vibraciones
Relator Bruno Gunther B. – Sixto Saldivia P. Año 1989.
- Taller de Análisis de Vibraciones y Diagnóstico para Turbomecanica Ltda.
Relator Bruno Gunther B. Año 2017
- Curso del laboratorio de vibraciones mecánicas de la universidad de concepción “Análisis de vibraciones categoría I. ISO 18436-2”.
Relator Dr.-Ing. Pedro Saavedra Gonzales
Publicado Año 2011.
- Mantenimiento
<https://predictiva21.com/>
- Calculo VAN y TIR
<https://www.calcuvio.com/van-tir>
- Formulario y Registro de Empresa
<https://www.registrodeempresasysociedades.cl/>
- Servicios Impuestos Internos (SII)
https://www.sii.cl/portales/investors/formas_invertir/constituyendo_sociedad.htm#:~:text=%C3%98%20Sociedades%20de%20Hecho%3A%20Esta,con%20este%20tipo%20de%20entidades
https://www.sii.cl/destacados/guia_emprendedor/guia_emprendedores.pdf

ANEXOS

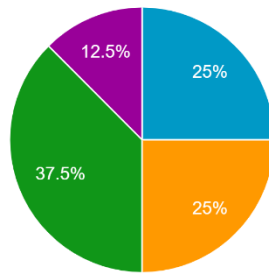
Encuesta de Prefactibilidad para Servicio Local de Monitoreo de Vibraciones

Formulario para evaluar la necesidad y viabilidad de una empresa local de monitoreo de vibraciones en plantas industriales que actualmente contratan servicios externos y evaluar la deseabilidad de un servicio propuesto de monitoreo de vibraciones para plantas de procesos industriales.

Su respuesta es valiosa para un estudio académico.

¿Pertenece su planta industrial a alguna de las siguientes categorías?

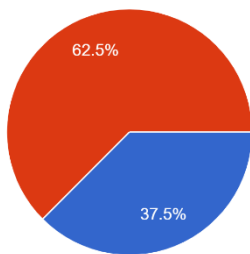
8 respuestas



- Minería
- Generación de Energía (Térmica/Hidráulica/Eólica)
- Celulosa y Papel
- Petroquímica / Refinería
- Manufactura Pesada / Metalmecánica
- Alimentos y Bebidas
- Otro

¿Su planta industrial cuenta con un sistema de monitoreo de vibraciones predictivo (personal, equipos e infraestructura) implementado de forma interna?

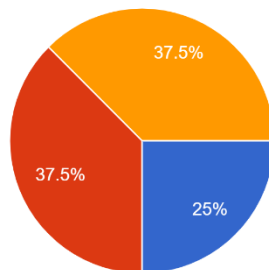
8 respuestas



- Sí
- No

En la actualidad, ¿Contrata servicios externos de monitoreo y análisis de vibraciones?

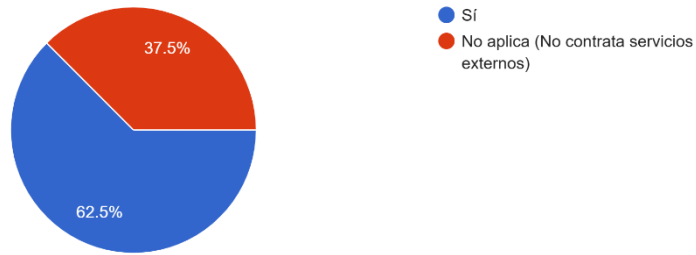
8 respuestas



- Sí, de forma regular (contrato anual o programado)
- Sí, solo cuando hay una falla o necesidad puntual
- No

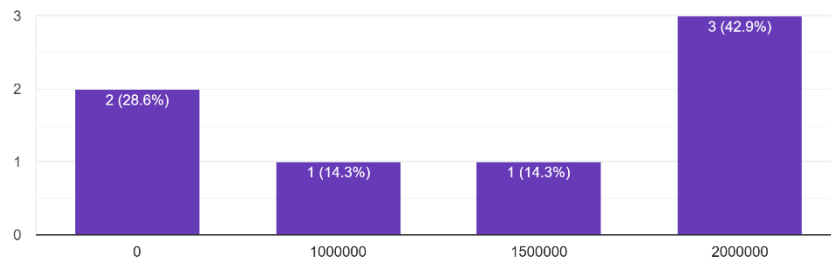
Si contrata servicios externos, ¿La empresa prestadora de servicios se encuentra fuera de la región o zona local de su planta?

8 respuestas



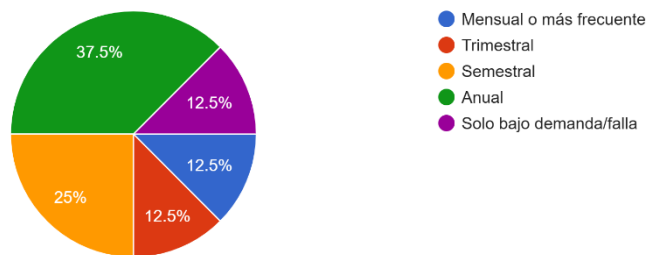
¿Cuál es el costo aproximado (estimación anual) que su planta destina a la contratación de servicios externos de monitoreo de vibraciones (incluyendo viáticos y traslados)?

7 respuestas



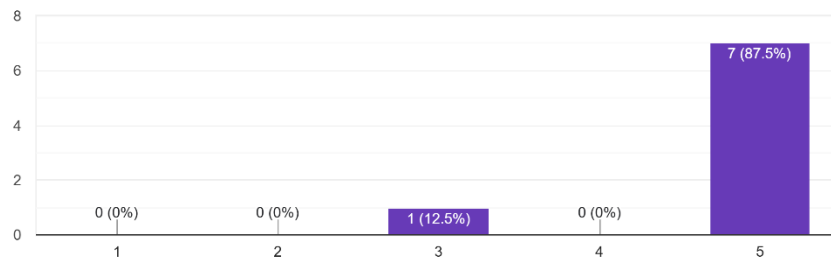
Evalúe la frecuencia con la que requiere servicios de monitoreo de vibraciones para sus equipos críticos.

8 respuestas

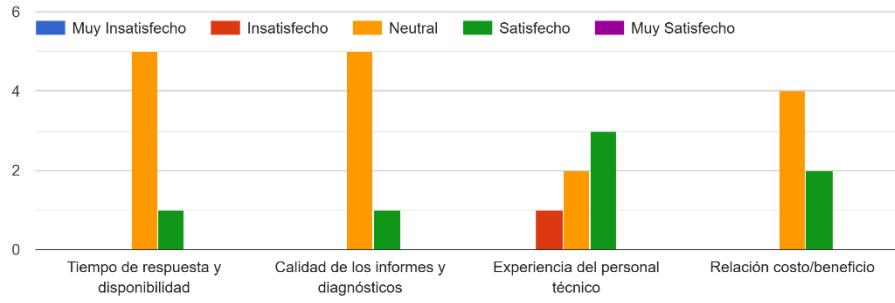


En una escala de 1 a 5, ¿Qué tan importante considera la rapidez de respuesta (menor tiempo de traslado) y la disponibilidad local de un servicio de monitoreo de vibraciones?

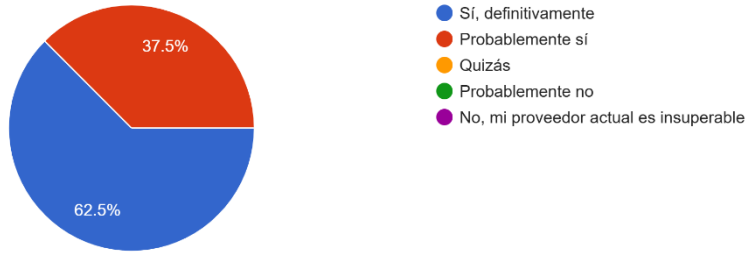
8 respuestas



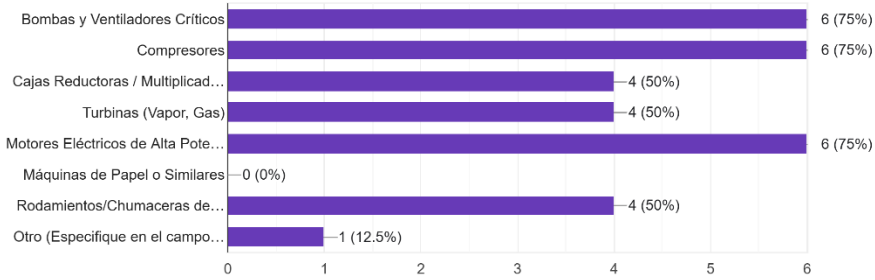
Indique el nivel de satisfacción con los siguientes aspectos del servicio externo actual (si aplica):



¿Estaría dispuesto a considerar la contratación de un servicio local (mismo nivel de calidad) que ofrezca menores tiempos de respuesta y costos de traslado reducidos?
8 respuestas



¿Qué tipo de equipos en su planta requerirían prioritariamente monitoreo de vibraciones?
(Seleccione todas las que apliquen)
8 respuestas



¿Qué factor considera el más importante al momento de seleccionar un proveedor de servicios de monitoreo de vibraciones?
8 respuestas

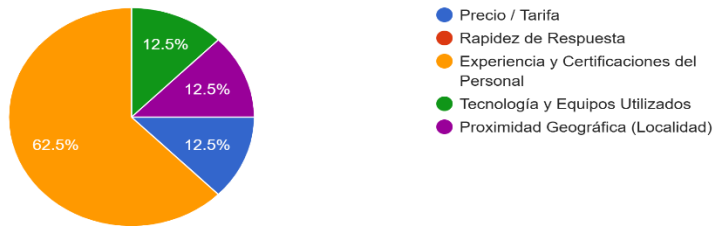


Figura 5- 1: Encuesta de prefactibilidad

Fuente: Elaboración propia

Plan Full
Servicios / Planes OV

\$190.400

DCTO. POR 2 o 3 AÑOS

Precio incluido IVA (19%) \$30.400

AHORRA AL CONTRATAR 2 AÑOS O MÁS

Oficina
Pedro de Valdivia

Duración Plan
 Semestral
 Anual

Años a pagar: 1

Añadir al carrito

¡Contrata por 2 o 3 años y ahorra!

Cantidad	Precio por año con IVA	Descuento
2 años	\$180.880	5 % de descuento
3 años	\$133.280	30 % de descuento

INFORMACIÓN DEL SERVICIO

Figura 5- 2: Precio Oficina Virtual

Fuente: www.oficinavirtual.cl



INTRONICA
INSTRUMENTACION ELECTRONICA LTDA.
Importaciones, Exportaciones y Venta de Art. Electrónicos
96.692.430-6

C O T I Z A C I O N

Señor(es) : _____ N° Cot. : _____
Atención : _____ Fecha : _____

N°	Modelo	Descripción	Entrega	Garantía	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
1	Logger Expert	Analizador de vibraciones portátil DSP Logger Expert (SEMAPI) 6 canales analógicos IEP, frecuencia 0,2 – 20 kHz, análisis FFT y envolvente, módulo de balanceo, software de diagnóstico. Sensores acelerómetros industriales SEMAPI 100 mV/g Acelerómetros piezoeléctricos industriales de 100 mV/g con conectores BNC herméticos, rango + 50 g, respuesta de frecuencia 0,5 Hz – 12 kHz. Incluyen cables blindados y base magnética para medición en campo. Tacómetro óptico, sensor laser SEMAPI Sensor óptico de referencia de velocidad para medición de fase y balanceo dinámico. Rango de detección 0,5 – 20.000 rpm, salida TTL compatible con DSP Logger, incluye trípode y cables de conexión.	3 Días	3 Años	1	USD 15.388,00	USD 15.388,00

Sub-Total:	USD	15.388,00
Neto:	USD	15.388,00
Iva 19%:	USD	2.923,72
Total:	USD	18.311,72

Figura 5- 3: Cotización referencial equipo de vibraciones

Fuente: Intronica

COTIZACIÓN N°001/25

Señores

ENEX

Planta San Vicente

Presente

Atn.: Sr. Erwin Olivares

REF.: SERVICIO ANÁLISIS DE VIBRACIONES A
DIFERENTES EQUIPOS

Por lo siguiente:

Efectuar servicio de análisis de vibraciones a 30 equipos rotatorios, con el fin de evaluar condición mecánica y nivel de severidad. Entregando recomendaciones técnicas para la toma de decisiones de mantenimiento.

Costo del servicio (valor neto):\$ 1.300.000.-

Consideraciones generales.

- Este valor considera visita a planta de dos técnicos por un período de 2 días aproximadamente, valor que deberá ser reajustado según variación del IPC para las mediciones posteriores.
- Durante la ejecución a terreno se entregará informe preliminar de todos los equipos que manifiesten una severidad superior, con el diagnóstico de su causa.
- Contempla la entrega de un informe final 5 días finalizada la medición, indicando severidad y anomalías mecánicas a intervenir (de existir), para garantizar la operación del equipo.
- Los técnicos que participarán en el diagnóstico de los equipos tienen amplia experiencia en el análisis vibracional, como además de balanceo dinámico, pudiendo intervenir equipos que presentan esta anomalía.
- Condición de pago: 07 días.
- Validez de la oferta: 30 días.

Jonathan Torres H.
GERENTE TÉCNICO

Figura 5- 4: Cotización referencial del servicio

Fuente: Elaboración propia

Informe N°	Equipo	Ubicación	Severidad	Diagnostico	Acción
1	Bomba Jockey	Sala de Bombas de Red de Incendio	Insatisfactoria	Se observan anomalías relacionadas a desbalanceo en el motor.	Evaluar balanceo al motor.
2	Bomba P-01	Sala de Caldera	Inaceptable	Se observan anomalías mecánicas asociadas a desbalanceo y adesealinamiento.	Verificar desalinamiento y evaluar realizar balanceo dinámico
3	Bomba P-02	Sala de Caldera	Insatisfactoria	Se observa desalinamiento, desbalanceo y actividad en rodamiento.	Verificar alineamiento, evaluar realizar balanceo y verificar estado de rodamientos
4	Bomba TK-EA-01	Sala de Aditivos	Inaceptable	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
5	Bomba TK-EA-02	Sala de Aditivos	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
6	Bomba TK-EA-03	Sala de Aditivos	Insatisfactoria	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
7	Bomba TK-EA-04	Sala de Aditivos	Insatisfactoria	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
8	Bomba TK-EA-05	Sala de Aditivos	Insatisfactoria	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
9	Bomba TK-EA-06	Sala de Aditivos	Insatisfactoria	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
10	Bomba TK-EA-07	Sala de Aditivos	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
11	Bomba TK-EA-08	Sala de Aditivos	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
12	Bomba TK-EA-09	Sala de Aditivos	Insatisfactoria	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
13	Bomba TK-EA-10	Sala de Aditivos	Insatisfactoria	Falta de mantenimiento a Bomba de engranajes y rigidización de líneas de flujo.	Ejecutar mantenimiento a Bomba de engranajes e instalación de soportes para líneas
14	Bomba de impulsión N° 1	Sala de Puntera	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
15	Bomba de impulsión N° 2	Sala de Puntera	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
16	P-201	Sala de Producto Liviano	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
17	P-202	Sala de Producto Liviano	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
18	P-203	Sala de Producto Liviano	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
19	P-204	Sala de Producto Liviano	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
20	P-205	Sala de Producto Liviano	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
21	P-206	Sala de Producto Liviano	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
22	P-207	Sala de Producto Liviano	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
23	Bomba Diesel Mezcla	Efluentes	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
24	Bomba Diesel Pesquera	Sala Producto Pesado	Inaceptable	Se observa un peak de 1x radial, correspondiente a desbalanceo en el impulsor de la bomba.	Realizar balanceo dinámico al impulsor de la bomba.
25	Bomba F06 Carros	Sala Producto Pesado	Insatisfactoria	Se observa un 1x axial entre motor y reductor asociado a desalinamiento.	Verificar alineamiento entre motor y reductor.
26	Bomba de Revirulacion	Sala Producto Pesado	Insatisfactoria	Se observa actividad en rodamientos y posible desbalanceo.	Realizar cambio de los rodamientos y realizar balanceo dinámico.
27	Bomba P-05	Planta Tratamiento Efluentes	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
28	Bomba P-06	Planta Tratamiento Efluentes	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
29	Bomba P-08	Planta Tratamiento Efluentes	Buena	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.
30	Bomba P-01	Sala de Bombas Efluentes	Insatisfactoria	Se observa un 2x radial correspondiente a un desalinamiento paralelo.	Alinear y verificar conjunto motor- bomba.
31	Bomba P-02	Sala de Bombas Efluentes	Insatisfactoria	Se observa un 2x radial correspondiente a un desalinamiento paralelo.	Alinear y verificar conjunto motor- bomba.
32	Bomba de Trasvasije	Entrada	Satisfactoria	Sin anomalías mecánicas.	Seguir tendencia vibracional.

Figura 5- 5: Resumen de equipos medidos de acuerdo con el primer contrato

Fuente: Elaboración propia