

Deloitte.



MINERÍA INTELIGENTE

**La minería digital como un ser vivo
que evoluciona con los desafíos de la
industria**

Introducción

La industria minera de cobre se encuentra frente a múltiples desafíos que debe abordar hoy para dar respuesta a las necesidades para los próximos 20 años. En primer lugar, la necesidad de incrementar la producción de minerales para satisfacer la creciente demanda mundial. En forma paralela, la industria debe enfrentar los desafíos ambientales y sociales, como la disminución de la ley del mineral, la escasez de agua y la creciente resistencia de las comunidades locales a la exploración y explotación minera debido a sus impactos en el ecosistema y las personas.

Las últimas proyecciones de las Naciones Unidas sugieren que la población superará los 8.600 millones de personas el 2030 y 9.800 millones para el 2050. Con el crecimiento en la población, se incrementa la demanda de metales y minerales que sustentan el progreso social. Desde infraestructura civil al transporte, tecnología a agricultura y en general está presente en todos los sectores a nivel global.

En segundo lugar, se encuentra la necesidad de innovación y de incorporar nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia operativa, así como los desafíos en la gestión de residuos y la seguridad laboral. Para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo, las organizaciones deben abordar estos desafíos de manera integrada. Este desafío forma parte de las tendencias identificadas por Deloitte en el Tracking the

Trends in MininG , tendencia que se amplía hoy hacia una innovación colaborativa. Los esfuerzos de innovación colaborativa de próxima generación, ya sea de forma interna o independiente, son el futuro de la innovación en minería y metales. La clave radica en determinar qué enfoques se adaptan mejor a cada organización en función de los resultados deseados y los recursos disponibles para incubar, acelerar y capturar el valor de las diferentes innovaciones.

Por otra parte, a nivel global estamos viviendo una de las revoluciones más relevantes a nivel industrial, donde la integración del mundo real y digital ponen por primera vez al usuario en el centro de esta revolución, para guiar desde su experiencia el mejor uso de las tecnologías disponibles. El poner en centro al usuario nos plantea el desafío de conocer y comprender el sentir de las personas en la interacción con este proceso transformacional y lo que genera.

Las 4 Revoluciones industriales



Industria 1.0

Mecanización y la introducción de las máquina a vapor



Industria 2.0

Líneas de producción a escala utilizando energía eléctrica



Industria 3.0

Producción automatizada, computadores, sistemas IT y robótica



Industria 4.0

Fábricas de producción inteligente, sistemas autónomos, IoT, machine learning

Centrado en...

Capacidad energética

Tareas

Procesos

Usuarios

Esta cuarta revolución está marcada por la aparición de nuevas tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología y el Internet of Things (IoT), entre otros. Las organizaciones deben identificar las tecnologías que mejor satisfacen sus necesidades para invertir en ellas. Si éstas no comprenden los cambios y oportunidades

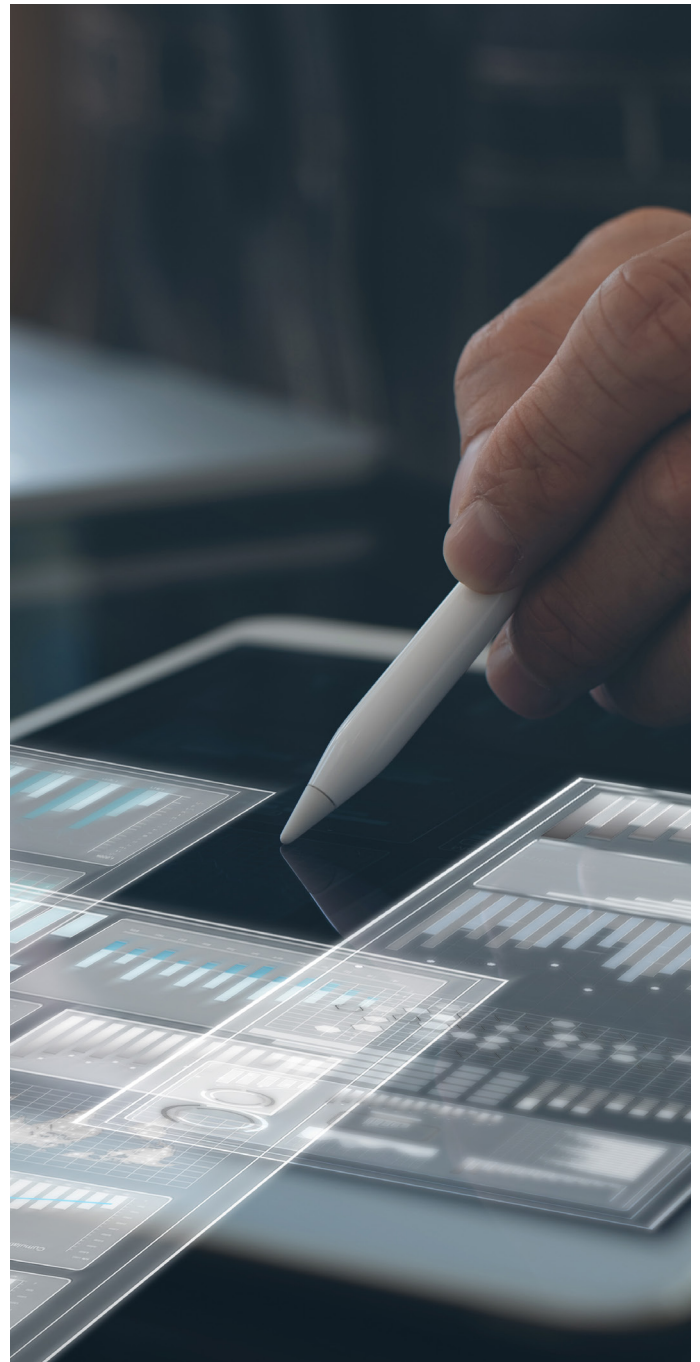
que trae consigo esta revolución, corren el riesgo de perder posicionamiento y no lograr desarrollar las nuevas capacidades requeridas para las organizaciones del futuro.

Datos y capacidades analíticas, el nuevo mineral del futuro

Hemos visto el incremento exponencial de las capacidades de almacenamiento de información, de la mano con la digitalización de gran parte de los procesos industriales, posibilitando contar con grandes volúmenes de datos a disposición para poder explorar y entender nuestros procesos de negocio.

Si abordamos los desafíos anteriores, no es sorpresa ver que el gran desafío que enfrentamos hoy es la posibilidad de realizar análisis de información histórica, multidimensional, identificando patrones y condiciones y en tiempo real, para poder apoyar la toma de decisión y avanzar hacia la automatización y autonomía de los procesos industriales con una mirada amplia del entorno.

El conocimiento y criterio experto sigue siendo de vital importancia, existe un conocimiento en muchos líderes que no es posible de replicar ni sistematizar, sin embargo, si pensamos en la inteligencia artificial como un mecanismo que es capaz de aprender por imitación, es posible pensar en un compañero que vaya observando este conocimiento experto, aprenda y luego pueda ir progresivamente haciendo sistémico y sostenible este conocimiento.



Debemos entonces replantearnos en cómo internalizar a la máquina inteligente en nuestros entornos, de forma de sacar el máximo potencial y a la vez demostrar que las personas siguen siendo relevantes en este contexto.

La inteligencia artificial es hoy superior al cerebro humano en el conjunto de tareas cognitivas. Esto considera todas aquellas tareas que involucran estimaciones probabilísticas complejas o detección de patrones en grandes volúmenes de datos (¡incluso no estructurados!). Y es en este punto donde vemos que el contar con buenos modelos estadísticos es clave en una gran cantidad de situaciones de negocio y en particular en procesos industriales.



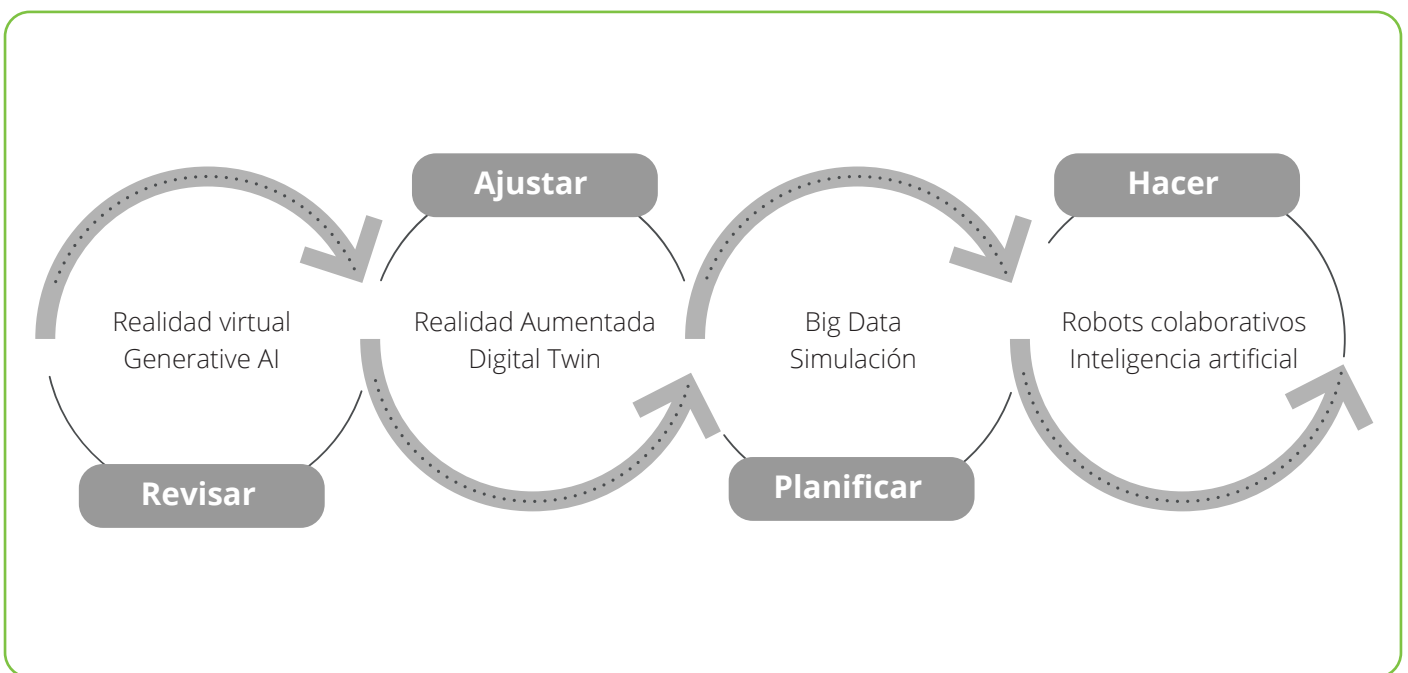
Nivel de decisión

Velocidad de toma
de decisión

***Calidad de la
información***

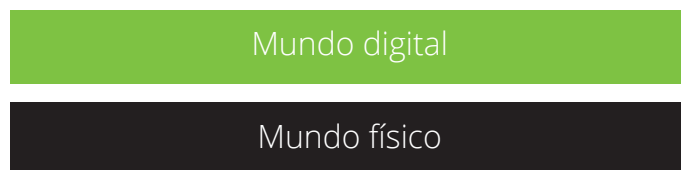
¿Cómo podemos entonces explotar este nuevo mineral de la información?

Es relevante a partir de la reflexión anterior abordar el desafío de la información desde la dimensión de la inteligencia humana y la inteligencia artificial. La evolución coordinada en estas dimensiones permite entonces capturar el máximo potencial de las organizaciones y procesos, donde empoderamos el talento humano con las capacidades digitales. De esta forma, nace el usuario digital ó minero de la información, como la integración de estas dos dimensiones, donde debemos centrarnos en este usuario para poder ayudarlo a evolucionar sus capacidades, en particular, cómo sacarles el partido a estas nuevas capacidades digitales, de forma de conducir la transformación que vivimos.



En el contexto minero, al colocar el colaborador en el centro tenemos la oportunidad de establecer una estrategia que integre todos los desafíos anteriormente mencionados, utilizando la tecnología como un habilitador y acelerador de esta transformación. La gran cantidad de información que se genera en forma diaria en las operaciones se convierte en el nuevo mineral que debe ser explotado para poder apoyar esta transformación que estamos viviendo y ayudar a la minería a dar el salto disruptivo que se requiere para los próximos 20 años y más.

Para los líderes actuales, acostumbrados a los datos y las comunicaciones lineales, el cambio que supone esta revolución, proporcionando acceso en tiempo real a los datos y la inteligencia de negocio, transformará la forma en que llevan a cabo sus negocios. La integración digital de la información desde diferentes fuentes y localizaciones permite llevar a cabo negocios en un ciclo continuo. A lo largo de este ciclo, el acceso en tiempo real a la información está impulsado por el continuo y cíclico flujo de información y acciones entre los mundos físicos y digitales.



La información se comprate y se interpreta utilizando analítica avanzada, análisis de escenarios e inteligencia artificial para descubrir información relevante. En este espacio vemos tecnologías como Generative AI que están ayudando en la construcción de información, con base en la historia y modelos complejos de AI.



Se aplican algoritmos para traducir las decisiones del mundo digital a acciones efectivas, ya sea mediante interacción con el usuario o a través de acciones automatizadas en el mundo físico. Este paso ayuda a tangibilizar el valor potencial identificado en el mundo digital y transformarlo en realidad.



Se captura información del mundo real y se lleva a representación digital. El internet de las cosas (IoT o IIoT para ambientes industriales) aparece como un gran acelerador de este proceso, permitiendo censar el mundo real y traducirlo al mundo digital.

Madurez Digital en la Toma de Decisiones

El contar con datos es sólo el inicio. Es necesario iniciar el viaje con un entendimiento de la calidad de esta información, tanto a nivel de la que ingresa como la que se obtiene producto de los procesos y análisis que se realicen. Si vemos el conjunto de datos como un gran lago, tenemos que mirar los afluentes de agua que llenan este lago. Si la información que ingresa es de mala calidad ó tiene “suciedad”, es necesario iniciar un proceso de filtrado y limpieza que permita hacer que el lago progresivamente vaya transformándose en agua cristalina. Sólo así, el flujo de salida será de calidad y limpio. Este proceso toma tiempo y por lo tanto es importante ir colocando soluciones digitales que permitan vivir este proceso y co-existir con estos procesos de limpieza.

Para explotar entonces la información disponible, proponemos entonces un modelo evolutivo de 6 niveles para evolucionar la inteligencia digital de nuestras soluciones según lo siguiente:

Nivel 1 Visualizador de Métricas:

El primer paso en la generación de inteligencia digital parte por tener una visibilidad de la información disponible. Es común ver organizaciones que operan con reportes manuales que nos dan una mirada de “espejo retrovisor”. Este primer paso, por simple que pueda resultar, tiene un gran impacto cultural al buscar cambiar el paradigma de mirar hacia atrás y comenzar a gestionar al menos mirando el hoy.

Nivel 2 Tendencias:

Una vez que comenzamos a mirar el hoy, es posible analizar la información histórica para generar primeras visiones proyectivas hacia el futuro. Es común ver soluciones tendenciales que si bien no son exactas en su valor, son capaces de proyectar la dirección de evolución. Un ejemplo en este ámbito es la indicación de dirección y velocidad del viento. Si bien la velocidad es muchas veces un promedio en general en la zona geográfica, la dirección y la tendencia (si va subiendo o va bajando) nos ayudan a proyectar como estará su dirección y velocidad en el futuro cercano. De esta forma, si estamos controlando polución por el polvo que levantan los camiones, podemos contar con información tendencial para saber hacia donde se dirigirá la nube de polvo y proyectar su área de impacto.

Nivel 3 Predicción:

Al contar con mejor calidad de información histórica, es posible aplicar un análisis más complejo de patrones de comportamiento que nos permitan tener una proyección más precisa, consideran otras dimensiones de análisis. Este nivel tiene una mayor precisión en su recomendación y da cuenta además de una mejora en la calidad de la información utilizada para el análisis. Un ejemplo práctico son las aplicaciones de gestión de viajes (Waze, Google Maps u otros), las cuales hoy son capaces de predecir la hora estimada de llegada a destino considerando diferentes factores del camino, condiciones y además el tránsito. Aplicado al mundo empresarial, contar con este tipo de soluciones en los procesos es gran gran utilidad para apoyar a los operadores en predecir comportamientos para apoyar la toma de decisión.

Nivel 4 Generativo:

Con la llegada de chat GPT hemos podido vivir en forma empírica el potencial de las tecnologías generativas. Su ámbito de aplicación es amplio a nivel industrial, pudiendo utilizarse en diferentes ámbitos como:

- Asistencia a ingeniero en terreno:

Apoyo a los equipos de campo para responder de manera eficiente a las consultas sobre búsqueda y selección de productos con resultados que involucren referencias a documentos de bases de datos de productos.

- Optimización del Procesamiento de Minerales:

Generar procesos sugeridos para la separación química de minerales que sean más rentables y eficientes en tiempo, más seguros y más sostenibles ambientalmente.

- Simulación y prueba de diseño de fábrica:

Generación de herramientas de visualización de simulación de fábrica que permitan realizar pruebas virtuales y adaptar el diseño de la fábrica mediante el uso de IA generativa para generar sugerencias de diseño y pruebas de estrés.

- Cumplimiento normativo:

Análisis de nuevas regulaciones y ayuda en el cumplimiento a través de recomendaciones y generación de informes.

Estos ejemplos entre muchos otros están planteando tremendas oportunidades para la explotación de la data disponible, a la vez que permiten ir mejorando la calidad de ésta.

Nivel 5 Automatización:

Desde el nivel 1 al 4, vemos que hay una evolución en la temporalidad y precisión de la información entregada, para apoyar la toma de decisión del usuario. En este 5º nivel, comenzamos a delegar la toma de decisión en forma progresiva a los sistemas digitales.

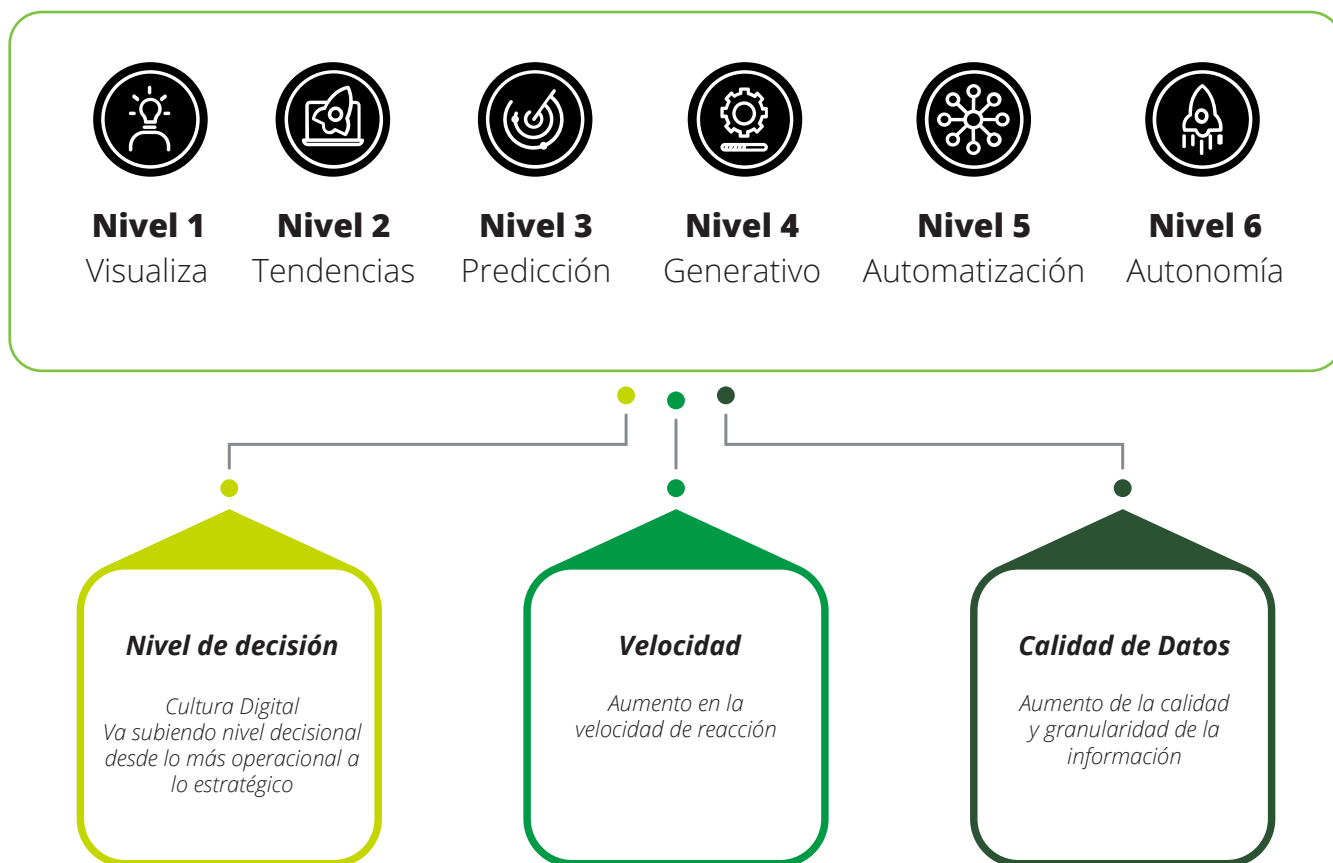
De esta forma, podemos generar ciclos de automatización de decisiones en los que no es necesario la intervención del ser humano (salvo en excepciones o condiciones de borde). A nivel de la conducción de camionetas, el control crucero establece un primer sistema de automatización en el mantenimiento de velocidad, acelerando en subidas y reduciendo la potencia en la bajada. Nuevas generaciones han integrado la detección de vehículos adelante, de forma de adaptar la velocidad a la de este vehículo y evitar una colisión por alcance. Ejemplos reales donde vemos presente la automatización en nuestro día a día y en una gran cantidad de acciones que realizamos.

Nivel 6 Autonomía:

Vemos hoy con mucha fuerza la aparición de la autonomía en diferentes actividades. A diferencia de la automatización, la autonomía es capaz de aprender de los errores o desvíos y generar una corrección. Esta capacidad de aprendizaje para interactuar genera la posibilidad de adaptarse a entornos no identificados inicialmente. Un ejemplo diario que vemos son los robot de limpieza, los cuales van recorriendo un camino aleatorio, el

cual les permite ir generando un scanner del entorno para luego optimizar el siguiente ciclo de limpieza. Si por alguna razón movemos un mueble o tenemos un escalón, el robot de limpieza detecta esta nueva condición y es capaz de frenar o evitar caerse del escalón, aprendiendo además para futuros ciclos de lo que identifica. A nivel de los camiones, la autonomía está facilitando la remotización de las operaciones, generando además un entorno de mayor seguridad y reducción de riesgo de exposición de los operadores.

Modelo de madurez digital de la toma de decisiones



Estos seis niveles nos dan cuenta de la evolución de la inteligencia digital en nuestras organizaciones, sin embargo, es necesario poder abordar la evolución de las capacidades de las personas para poder sacar el máximo partido.

Vemos que muchas veces la organización debe evolucionar desde el nivel 1 al 6, paso a paso, donde el principal freno son los talentos. Es clave entonces integrar buenas estrategias de cambio cultural y desarrollo de nuevas habilidades para explotar el potencial en cada nivel.

Minería Digital, un ser vivo en evolución

Si miramos entonces la información como el nuevo mineral a explotar en nuestras organizaciones y procesos, resulta interesante reflexionar acerca de nuestras organizaciones como seres vivos en evolución. Estos seres vivos tienen una mirada de toda la cadena de valor que representa la columna vertebral, la operación o los centros integrados de operación como el sistema nervioso central, los sensores y conectividad como los terminales nerviosos y conexión con el sistema nervioso central y la automatización y autonomía como la musculatura que nos da fuerza, potencia y capacidad de transformar la intención (decisión) en acción, controlado por las señales enviadas por el sistema nervioso central.

Es así que colocando al usuario en el centro de este ser vivo, el usuario pasa a tomar la responsabilidad del corazón de este ser vivo, traduciendo el objetivo, propósito en acción a través de las capacidades disponibles. De esta forma, este corazón debe ser entrenado y evolucionado continuamente en armonía con la madurez que va logrando, ¡¡de manera de permitir la evolución continua de estas organizaciones vivas!!



Contactos



Christopher Lyon

Socio Líder
Industria Energía, Recursos e Industriales



Ilich Pérez

Socio Líder
OT Energía, Recursos e Industriales



Eduardo Rojas

Senior Manager
Energía Recursos e Industriales

**Oficina central**

Rosario Norte 407
Las Condes, Santiago
Chile
Fono: +56 227 297 000
+56 227 298 000
Fax: +56 223 749 177
deloittechile@deloitte.com

Regiones

Av. Grecia 860
Piso 3
Antofagasta
Chile
Fono: +56 232 519 803
Fax: +56 552 449 662
antofagasta@deloitte.com

Álvarez 646
Oficina 906
Viña del Mar
Chile
Fono: +56 232 519 801
Fax: +56 322 975 625
vregionchile@deloitte.com

Chacabuco 485
Piso 7
Concepción
Chile
Fono: +56 232 519 800
Fax: +56 412 914 066
concepcionchile@deloitte.com

Quillota 175
Oficina 1107
Puerto Montt
Chile
Fono: +56 232 519 802
Fax: +56 652 288 600
puertomontt@deloitte.com

Sobre Deloitte

Las partes aceptan que COVID 19 constuye Fuerza Mayor, conforme los términos del artículo 45 del Código Civil. Asimismo, Las partes reconocen los riesgos que implica la propagación de la COVID-19 y las repercusiones potenciales asociadas con la prestación de los Servicios. El personal de las partes cumplirá con las restricciones o las condiciones que impongan sus respectivas organizaciones en las prácticas laborales a medida que la amenaza de la COVID-19 continúe. Las partes intentarán seguir cumpliendo con sus obligaciones respectivas conforme a los plazos y el método establecido en la presente, pero aceptan que puede requerirse la adopción de prácticas laborales alternativas y la puesta en marcha de salvaguardas durante este periodo, tales como el trabajo a distancia, las restricciones de viaje relacionadas con destinos particulares y la cuarentena de algunas personas. Dichas prácticas y salvaguardas laborales pueden afectar o impedir la ejecución de diversas actividades, por ejemplo, talleres u otras reuniones en persona. Las partes trabajarán conjuntamente y de buena fe a fin acordar los eventuales cambios necesarios para atenuar los efectos negativos de la COVID-19 sobre los servicios, incluido el cronograma, el enfoque, los métodos y las prácticas laborales en la prestación de los mismos, y todos los costos asociados adicionales. En todo caso, Deloitte no será responsable de cualquier incumplimiento o retraso en la ejecución de sus obligaciones ocasionados o exacerbados por la propagación de la COVID-19 y sus efectos asociados.

Ni Deloitte Touche Tohmatsu Limited, ni ninguna de sus firmas miembro será responsable por alguna pérdida sufrida por alguna persona que utilice esta publicación. Deloitte © se refiere a Deloitte Touche Tohmatsu Limited, una compañía privada limitada por garantía, de Reino Unido, y a su red de firmas miembro, cada una de las cuales es una entidad legal separada e independiente. Por favor, vea en www.deloitte.com/cl/acercade la descripción detallada de la estructura legal de Deloitte Touche Tohmatsu Limited y sus firmas miembro.

Deloitte Touche Tohmatsu Limited es una compañía privada limitada por garantía constituida en Inglaterra & Gales bajo el número 07271800, y su domicilio registrado: Hill House, 1 Little New Street, London, EC4A 3TR, Reino Unido.