



HUDBAY

MODELO PREDICTIVO DEL THROUGHPUT (DRILL TO MILL) A TRAVÉS DE MACHINE LEARNING

EDER LAGOS LEÓN
SUPERINTENDENTE DE PLANEAMIENTO MINA

MINING DATA

PLANIFICAR
INTEGRAR
MODELAR
COMUNICAR

- Litología
- Alteraciones
- Mineralización
- Leyes geológicas
- **Modelo de Regresión lineal**
- Diseño de mallas
- **Ratio de Penetración**
- Factor de Potencia
- Desplazamiento de mineral
- Plan de Minado
- Avance de Minado
- Disponibilidad de Equipos
- Mezcla de Mineral
- **Sistema de Despacho – espacio temporal**
- Throughput
- Sistema experto – Planta de Procesos
- KPIs

PREDICCIÓN DEL THROUGHPUT



Un bajo control del
throughput produce:

- **MÁS COSTO DE ENERGÍA:** Incremento del costo de energía al requerir más tiempo de molienda para la misma cantidad de mineral enviado desde la Mina.
- **MÁS COSTO DE MINERÍA:** Incremento del costo de minado al hacer cambios en la distribución de los equipos y parámetros sobre la marcha de la operación.
- **MENOS INGRESOS:** No cumplir con el plan de negocios al no producir el concentrado planeado.

DRILL TO MILL (D2M)

HUDBAY
Minería con futuro

**DEEP
PIT**
TECHNOLOGY

Minado



1

Chancado



2

Molienda

3

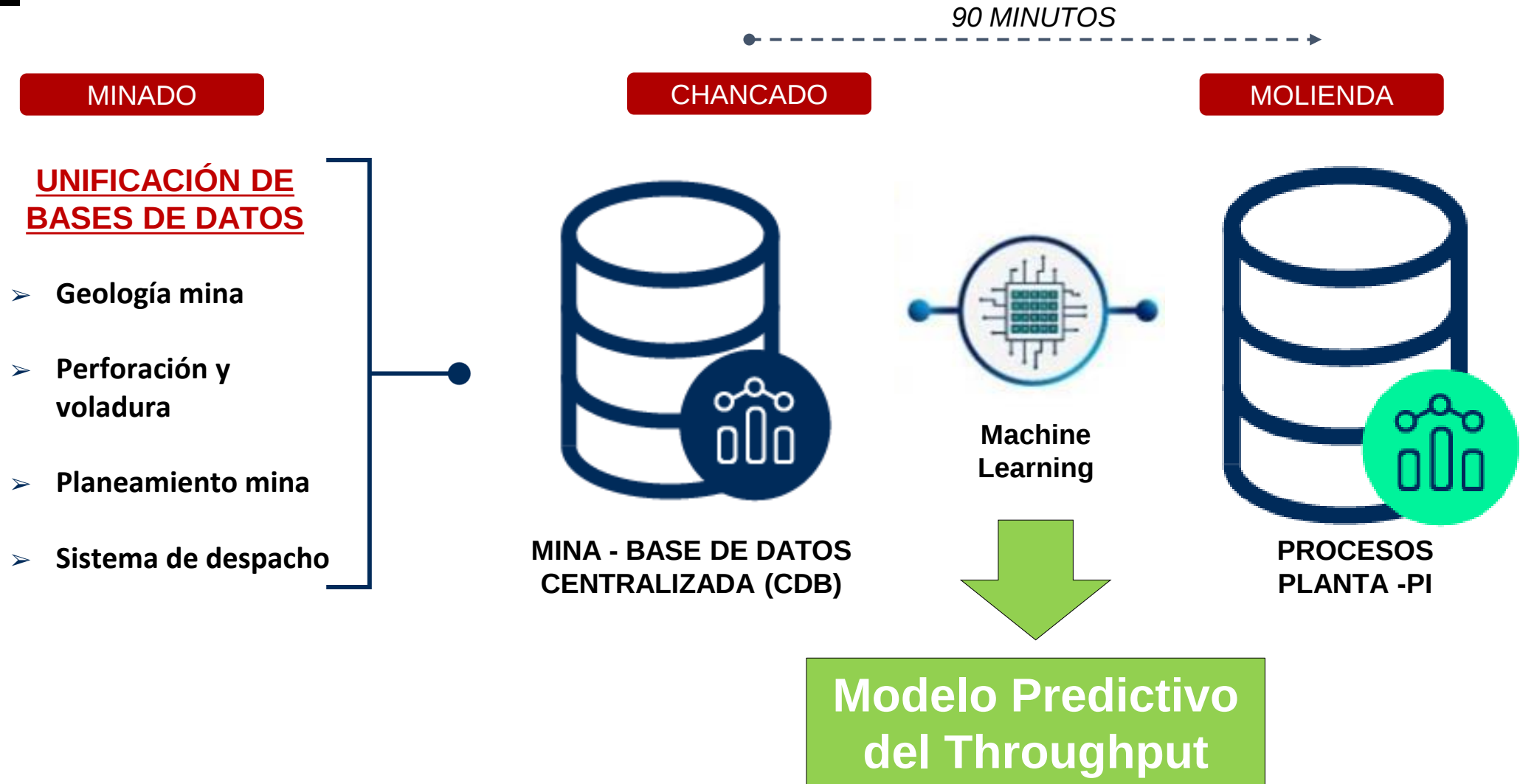


Operación Mina

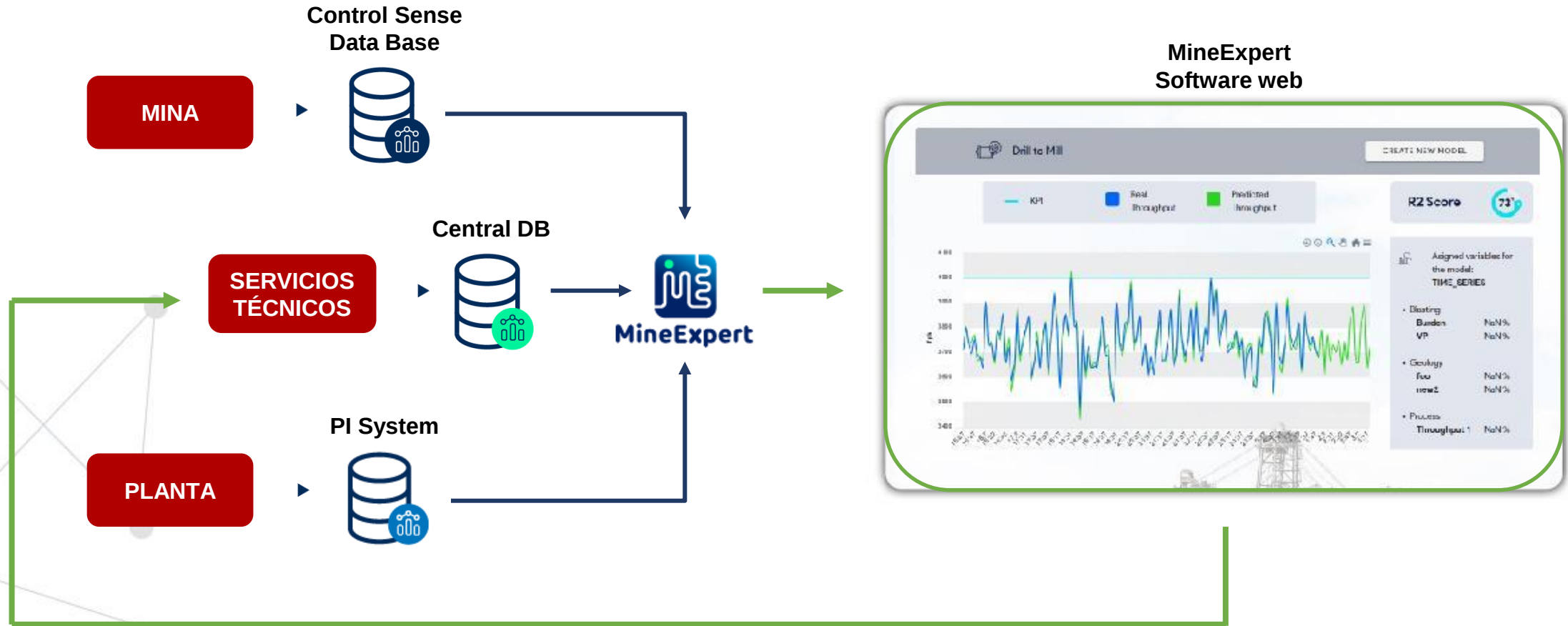
+

Procesos Planta

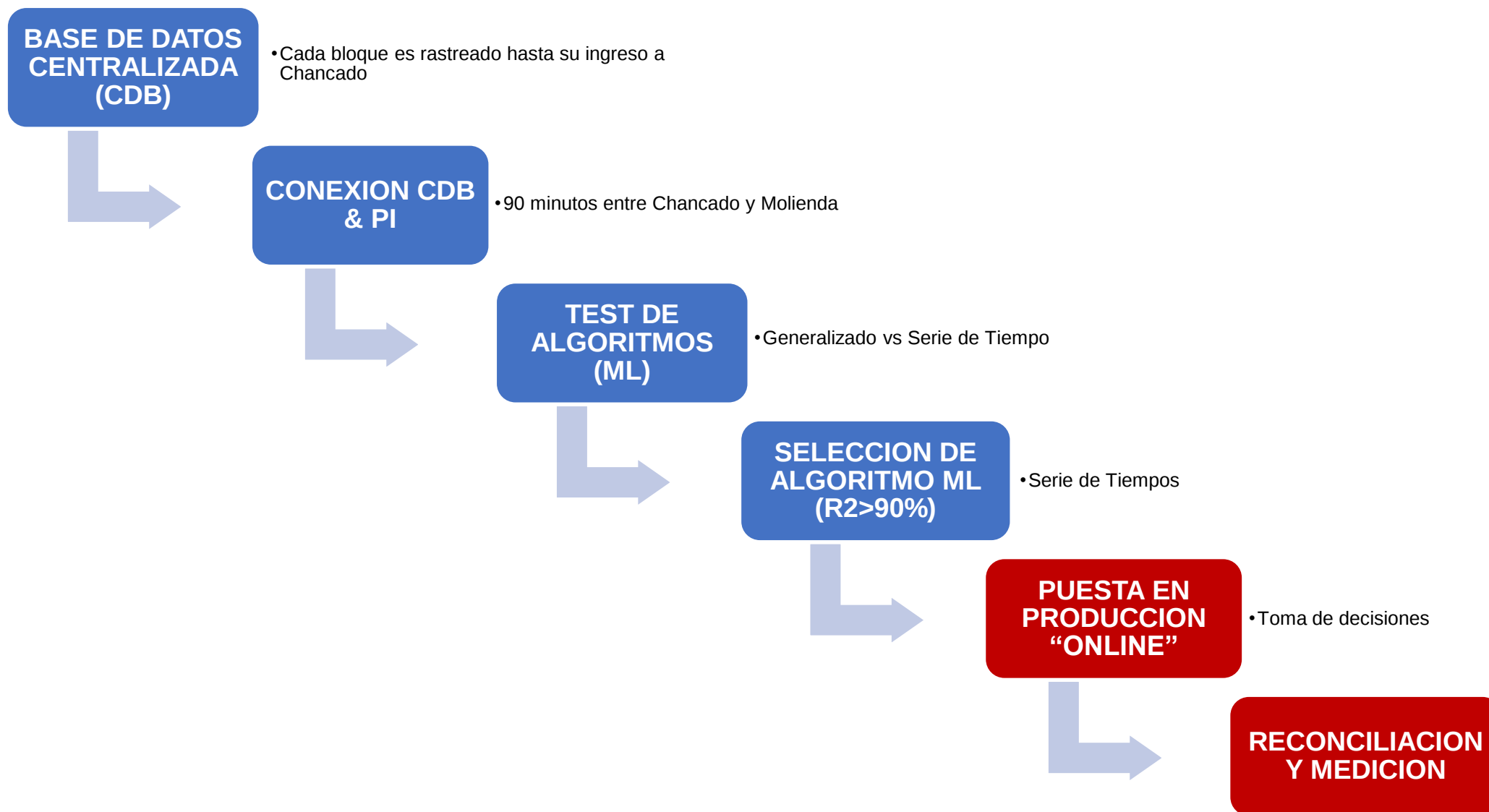
MODELO PREDICTIVO



INTEGRACIÓN – MODELAMIENTO - COMUNICACIÓN



METODOLOGÍA



IMPLEMENTACIÓN

The background is a solid red color. On the left side, there is an abstract geometric design consisting of several red dots of varying sizes connected by thin red lines, forming a network-like structure. The word "IMPLEMENTACIÓN" is written in large, white, bold, sans-serif capital letters, positioned in the upper left quadrant of the image. Below the first few letters of the word, there is a short, thick black horizontal bar.

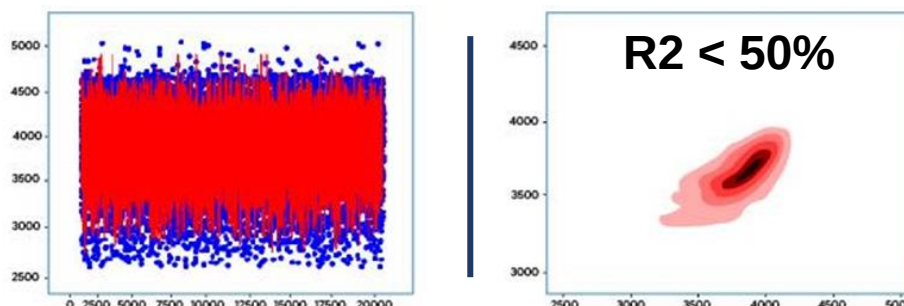
MODELOS DE PREDICCIÓN – MACHINE LEARNING



01

MODELOS DE PREDICCIÓN GENERALIZADO

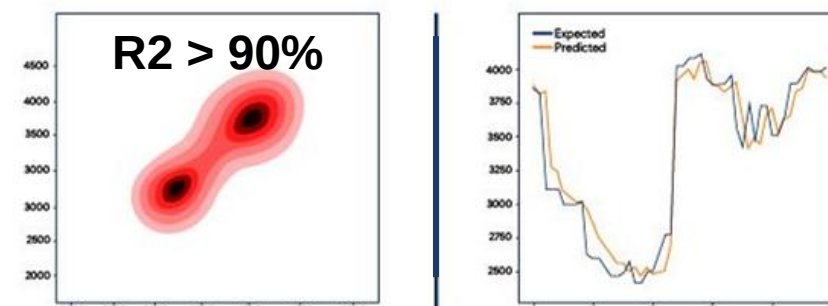
- *Random Forest*
- *Kn Nearest Neighbor*
- *XGBoost*
- *Stacking Models*



02

MODELO DE PREDICCIÓN LOCALIZADO CON SERIE DE TIEMPO

- *Series de tiempo & Random Forest*



MODELOS TEMPORALES

Aprendizajes

1. **Hipótesis:** La variable de salida solo depende de **los últimos eventos ocurridos en la Chancadora y Molienda.**
2. No se puede generalizar el comportamiento de la roca en el molino.
3. El R2 que se puede lograr está en el rango de **<0.80 - 0.92>** y depende del periodo de aprendizaje.
4. Un buen R2 depende del espacio de aprendizaje y de la continuidad de los datos en el espacio de aprendizaje.



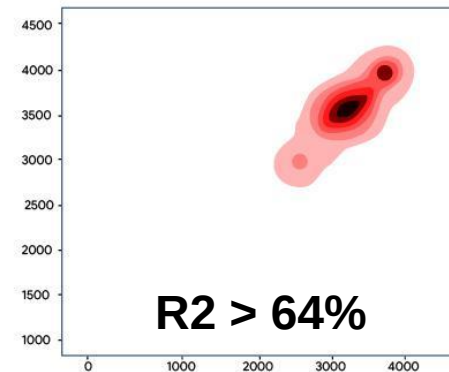
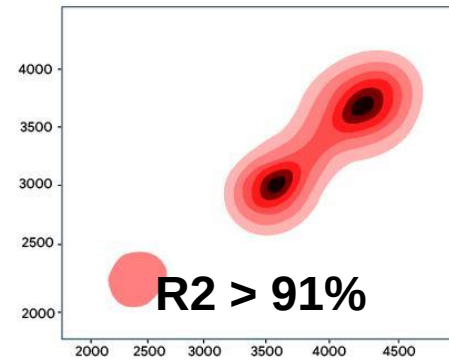
PROBLEMAS DE PREDICCIÓN

Escenarios

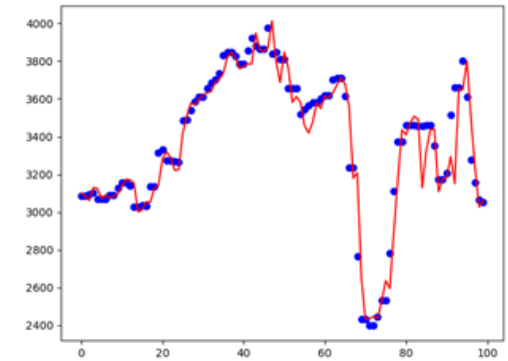
Data con
Producción
Constante

Data con
Producción con
algún evento de
Parada

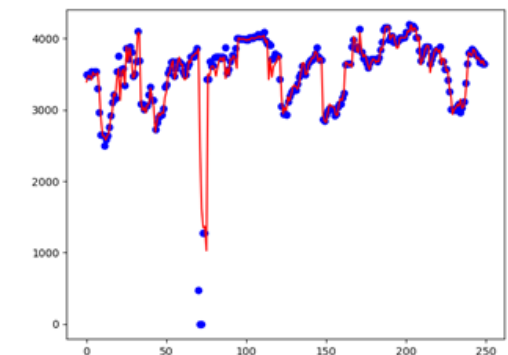
Función de Distribución REAL VS PREDICCIÓN



Eficiencia del Modelo



— Predicción
• Real



CONCLUSIONES

- Se tiene el rastreo del mineral desde el frente de minado hasta la chancadora.
- Predice con una efectividad mayor al **90%** los eventos que ocurrirán en el molino desde que el mineral es descargado en la chancadora ($t = 90$ minutos).
- Predice en función a las variables de Mina. Aún no utiliza variables externas.
- Permite a las áreas de Mina adaptar sobre la marcha un plan de minado con mayor exactitud para ofrecer una mezcla de mineral óptima durante la jornada.

Este modelo ya ha superado las fases de pruebas y en menos de un mes estará 100% operativo en modo “online”.

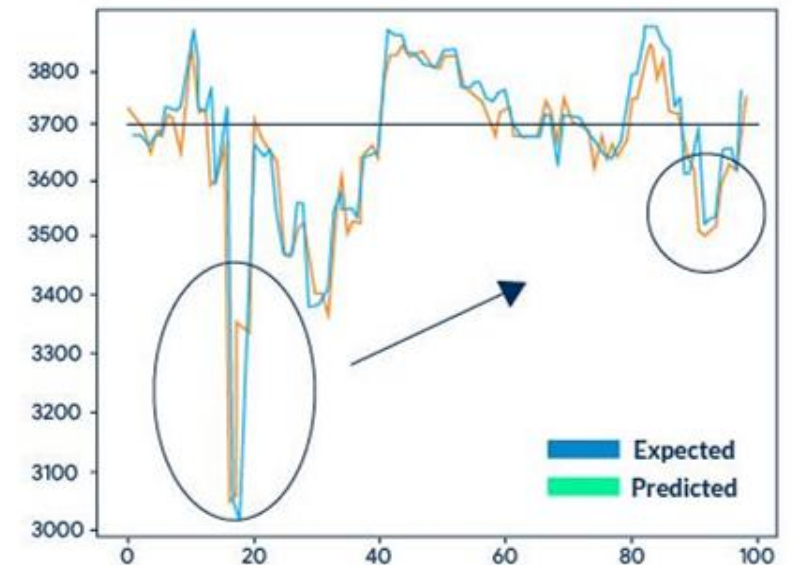
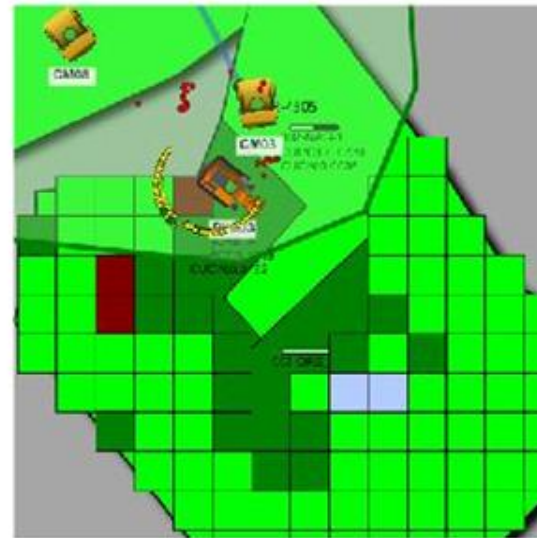
El modelo predictivo es una aplicación web que se instalará via MineExpert, en los servidores de Hudbay y podrá ser utilizado en cualquier navegador y/o dispositivo en tiempo real permitiéndonos tomar decisiones de forma interconectada cumpliendo nuestro objetivo de integrar personas y procesos a través de la tecnología.



PRÓXIMOS PASOS

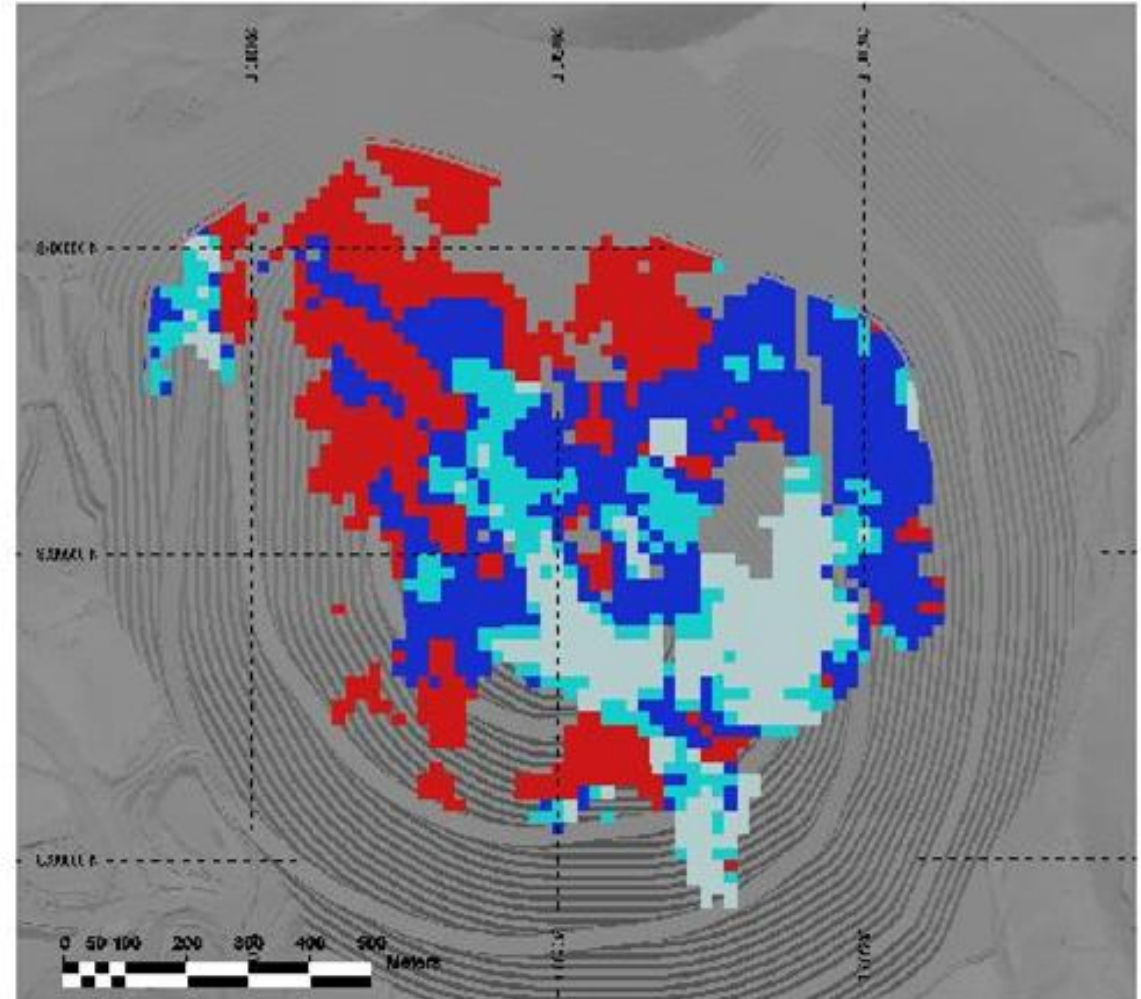
APLICACIÓN OPERACIONES MINA (ONLINE)

- Desarrollar un simulador para 12 horas o guardia.
- Además ante una probable caída del Throughput la simulación busca dar opciones de una mezcla óptima.
 - Mantener Throughput estable
 - Cumplir con los KPIs de producción
 - Minimizar los movimientos de los equipos mineros



OTRAS APLICACIONES

- Optimización del Factor de Potencia (presupuesto vs throughput óptimo).
- Redefinición de los tipos de mineral.
- Optimización de la Mezcla (recuperación, contaminantes, etc).
- Ampliación del Estudio con otras variables PI (Planta)
 - **Throughput**
 - % Finos
 - Potencia
 - % de Bolas
 - SPI
 - Disponibilidad de Planta (mantenimientos no programados)



HUDBAY

GRACIAS

