

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/332278423>

# LA ANALITICA PREDICTIVA Y EL BIG DATA: EL PODER DE PREDECIR LAS FALLAS EN EL MANTENIMIENTO INTEGRAL MINERO

Conference Paper · April 2019

---

CITATIONS

0

READS

913

1 author:



Omar Aguilar  
University of Santiago, Chile

6 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Applications of Predictive Analytics to Maintenance [View project](#)

# LA ANALITICA PREDICTIVA Y EL BIG DATA: EL PODER DE PREDECIR LAS FALLAS EN EL MANTENIMIENTO INTEGRAL MINERO.



*CONFERENCIA*

*LA ANALITICA PREDICTIVA Y EL BIG DATA:  
EL PODER DE PREDECIR LAS FALLAS EN  
EL MANTENIMIENTO INTEGRAL MINERO.*

*O.AGUILLAR*



# RESUMEN

Es conocido que actualmente, las empresas industriales que aplican los fundamentos de la analítica predictiva en el mantenimiento obtienen resultados mejores que los de sus iguales que no lo hacen.

La Analítica Predictiva junto al Big Data, permite a su organización identificar las tendencias y los patrones de comportamiento de modo que pueda anticiparse y controlar los acontecimientos para mejorar los resultados de su gestión.

Las tendencias actuales de procesar una gran cantidad de datos en tiempo real generan la necesidad de poseer analistas con conocimientos y herramientas que puedan ser usadas con estos fines. La gestión de activos en mantenimiento industrial no es una excepción para estas aplicaciones.

La predicción analítica provee a los que toman decisiones y a los analistas de datos en mantenimiento industrial con las capacidades y habilidades para realizar predicciones con precisión sobre los eventos futuros basados en el procesamiento y análisis de datos relevantes para el negocio.

# **CONTENIDO DE LA CONFERENCIA**

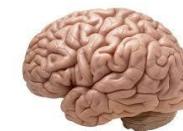
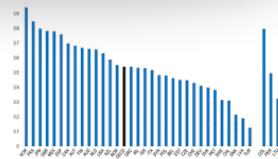
1. Antecedentes de la Analítica Predictiva y el Big Data.  
Conceptos y Definiciones.
2. Herramientas Estadísticas en las Aplicaciones de la Analítica Predictiva y el Big Data
3. El papel de la Analítica Predictiva y el Big Data en el Mantenimiento Integral Minero: Presente y Futuro
4. Análisis de Casos de Estudios y Ejemplos de Aplicaciones de interés para los participantes

# Considere el siguiente escenario



“Por favor, lléveme a servicio de mantenimiento pronto, ya que tengo la predicción de que mis rodamientos fallaran con una certeza del 85 % en 4 semanas”.

¿PREDECIR, EXTRAPOLAR, ADIVINAR?

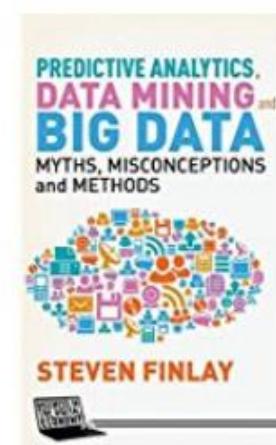
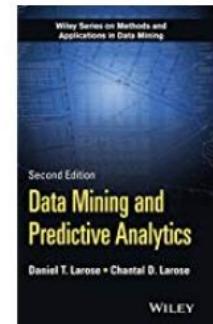
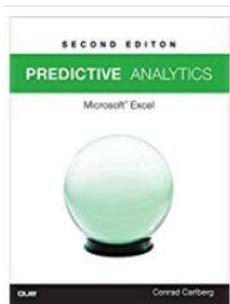
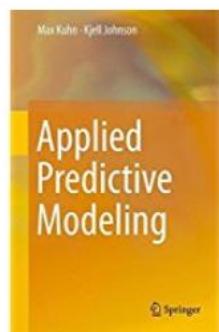
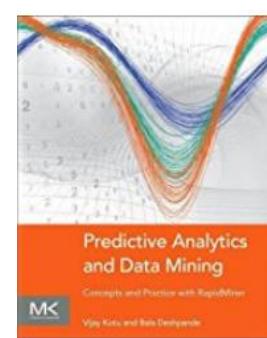
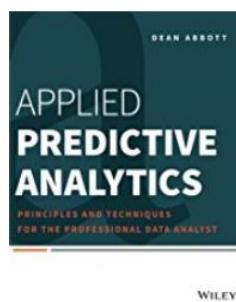
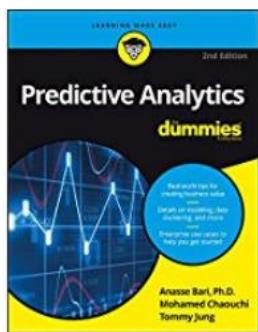
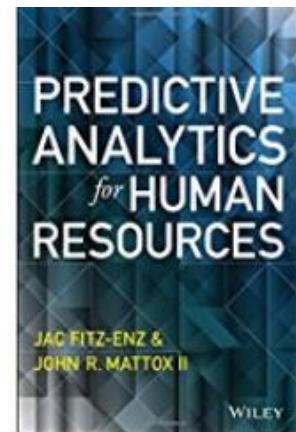
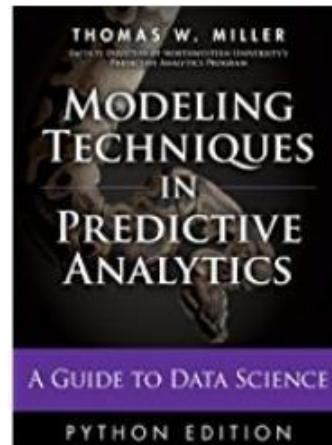
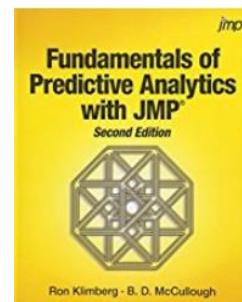
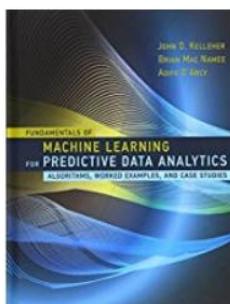
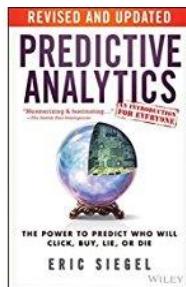


**“Un hombre con una idea nueva, es un loco... hasta que la idea triunfa”**  
Anónimo

# LIBROS EDITADOS EN EL TEMA DE ANALITICA PREDICTIVA

-  (Lean (O'Reilly)) Alistair Croll, Benjamin Yoskovitz-Lean Analytics\_ Use Data to Build a Better Startup Faster-O'Reilly Media (2013)
-  Alistair Croll, Sean Power-Complete Web Monitoring\_ Watching your visitors, performance, communities, and competitors-O'Reilly Media (2009)
-  Anasse Bari, Mohamed Chaouchi, Tommy Jung-Predictive Analytics For Dummies-For Dummies (2014).epub
-  Anasse Bari\_Mohamed Chaouchi\_Tommy Jung - Predictive analytics for dummies (, John Wiley & Sons)
-  Anasse-Bari\_-Mohamed-Chaouchi\_-Tommy-Jung-Predictive-Analytics-For-Dummies-For-Dummies-\_2014\_-
-  Artun, Omer\_ Levin, Dominique-Predictive marketing \_ easy ways every marketer can use customer analytics and big data-Wiley (2015)
-  Bart Baesens-Analytics in a Big Data World\_ The Essential Guide to Data Science and its Applications-Wiley (2014)
-  Conrad Carlberg-Predictive Analytics\_ Microsoft Excel-Que Publishing (2012)
-  Daniel T. Larose, Chantal D. Larose-Data Mining and Predictive Analytics-Wiley (2015)
-  Dean Abbott-Applied Predictive Analytics\_ Principles and Techniques for the Professional Data Analyst-Wiley (2014)
-  Eric Siegel, Thomas H. Davenport (Foreword)-Predictive Analytics\_ The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die-Wiley (2013)
-  Eric Siegel, Thomas H. Davenport (Foreword)-Predictive Analytics\_ The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die-Wiley (2014)
-  James Wu\_ Stephen Coggeshall-Foundations of predictive analytics-CRC Press (2012)
-  Jay Liebowitz-Big Data and Business Analytics-Auerbach Publications (2013)
-  John D. Kelleher, Brian Mac Namee, Aoife D'Arcy - Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics (2015, The MIT Press)
-  Jonathan S. Lockwood\_A Method for Predictive Intelligence Analysis-Bloomsbury Academic (2013)
-  Lawrence Maisel, Gary Cokins-Predictive Business Analytics\_ Forward Looking Capabilities to Improve Business Performance-Wiley (2014)
-  Mark Talabis, Robert McPherson, I Miyamoto, Jason Martin-Information Security Analytics\_ Finding Security Insights, Patterns, and Anomalies in ...
-  Max Kuhn, Kjell Johnson - Applied Predictive Modeling (2013, Springer)
-  Neil Dunlop-Beginning Big Data with Power BI and Excel 2013-Apress (2015)
-  Pavel Ryzhov-Haskell Financial Data Modeling and Predictive Analytics-Packt Publishing (2013)
-  Rui Miguel Forte-Mastering Predictive Analytics with R-Packt Publishing (2015)
-  Thomas H. Davenport-Big Data at Work-Harvard Business Review Press ( 2014)

**OBSERVE QUE EN EL TEMA DE APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL NO EXISTEN LIBROS EDITADOS, NI MUCHO MENOS RELACIONADOS CON EL MANTENIMIENTO MINERO...**



*El ayer es historia, el mañana es un misterio, pero el hoy es un regalo. Por eso es que lo llamamos presente.*

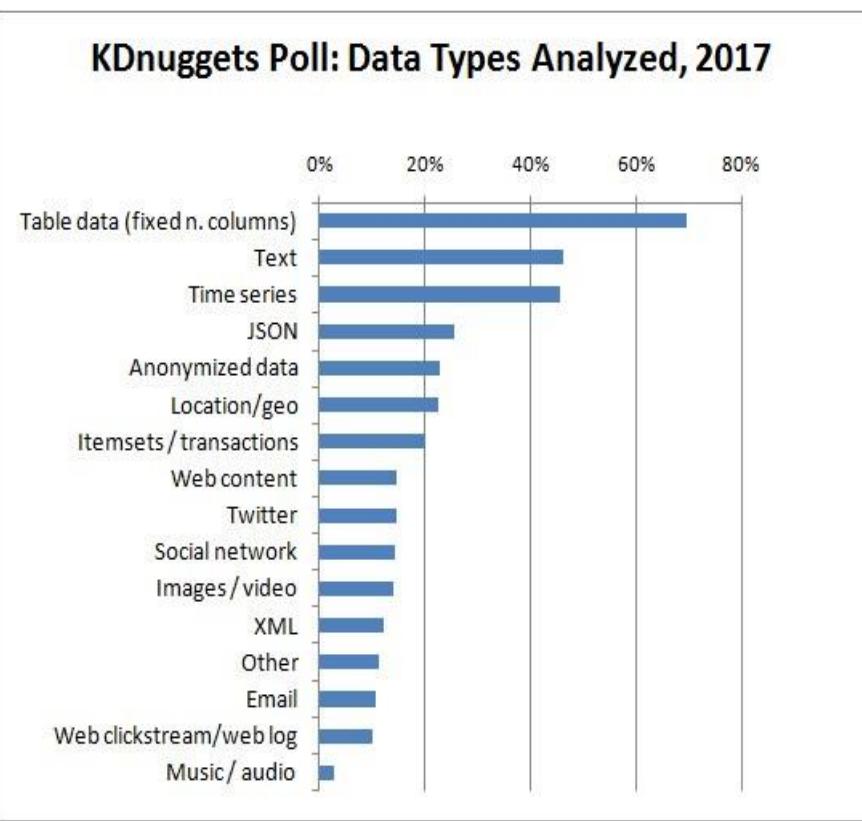
*Atribuido a A. A. Milne, Bill Keane, y Oogway, The wise turtle in Kung Fu Panda*

En esta presentación se exponen los fundamentos y aplicaciones de la analítica predictiva y el uso del Big Data al mantenimiento minero.

La analítica predictiva ha transformado a las empresas, organizaciones e industrias. El mantenimiento minero industrial no es ajeno a esta situación.

Por ser también un hecho que el mantenimiento industrial moderno está muy influido por la estadística aplicada al procesamientos de los datos, es que las herramientas de la Analítica Predictiva tienen en cuenta la adquisición y el procesamiento en tiempo real de los datos de las máquinas, y de su entorno incluyendo el personal relacionado con ellas en particular.

# I. ANTECEDENTES DE LA ANALÍTICA PREDICTIVA Y EL BIG DATA. CONCEPTOS Y DEFINICIONES.



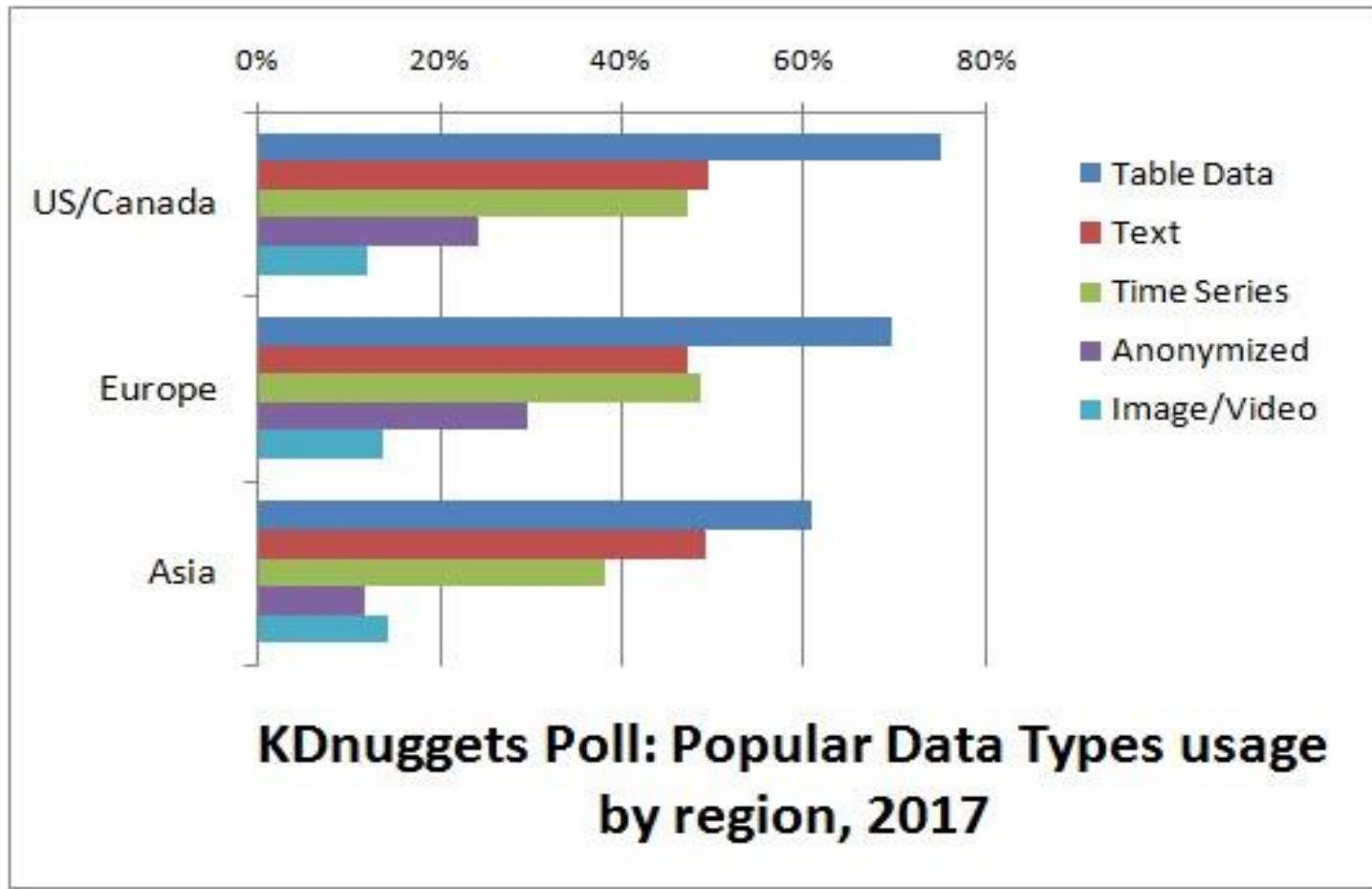
Según IBM (\*) cada día se generan 2,5 quintillones de datos y el 90 % de esos datos han sido generados en un periodo tan corto como dos años.

El cuadrante Gartner (\*\*) ha indicado que 85 % de las organizaciones de FORTUNA 500 no serían capaces de explotar las ventajas de la Big Data para avances competitivos y cerca de 4,4 millones de trabajos serían creados en aplicaciones de Big Data.

En relación al Análisis de Datos, el sitio web [www.dknuggets.com](http://www.dknuggets.com) ha identificado la siguiente tendencias,

(\*) IBM, [www.ibm.com/big-data/us/en](http://www.ibm.com/big-data/us/en), 2016.

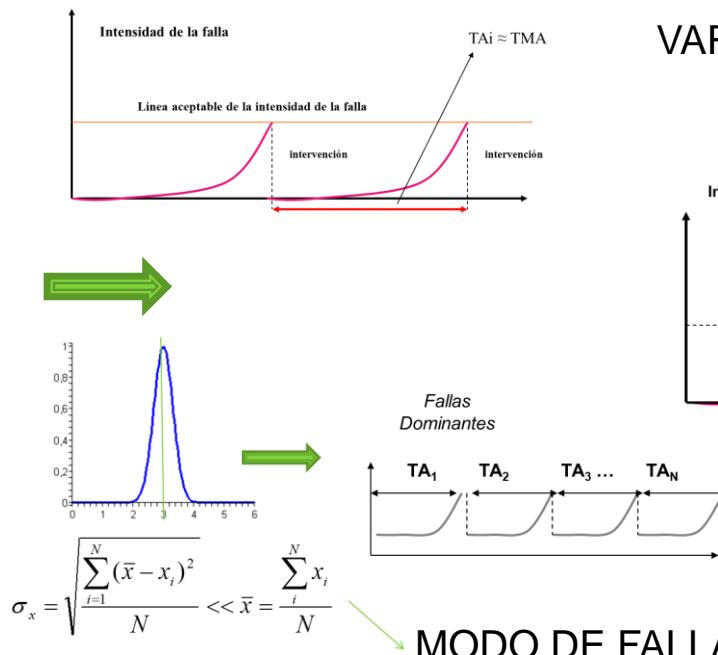
(\*\*) [www.gartner.com/technology/topics/big-data.jsp](http://www.gartner.com/technology/topics/big-data.jsp)



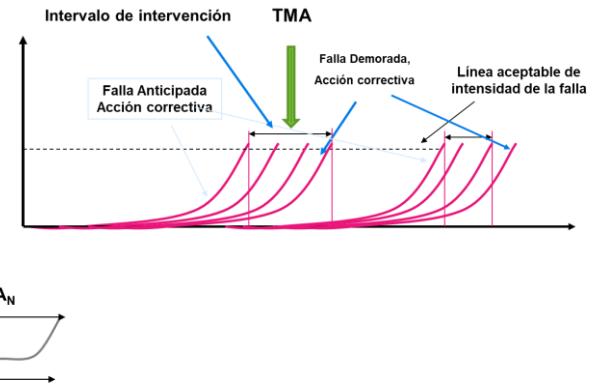
Revisemos brevemente como ha evolucionado históricamente la adquisición de la información con valor de diagnostico, su procesamiento e influencia en la toma de decisiones que se realiza en el mantenimiento principalmente el minero.

# LO QUE SABIAMOS ANTERIORMENTE ....

## REPARAR



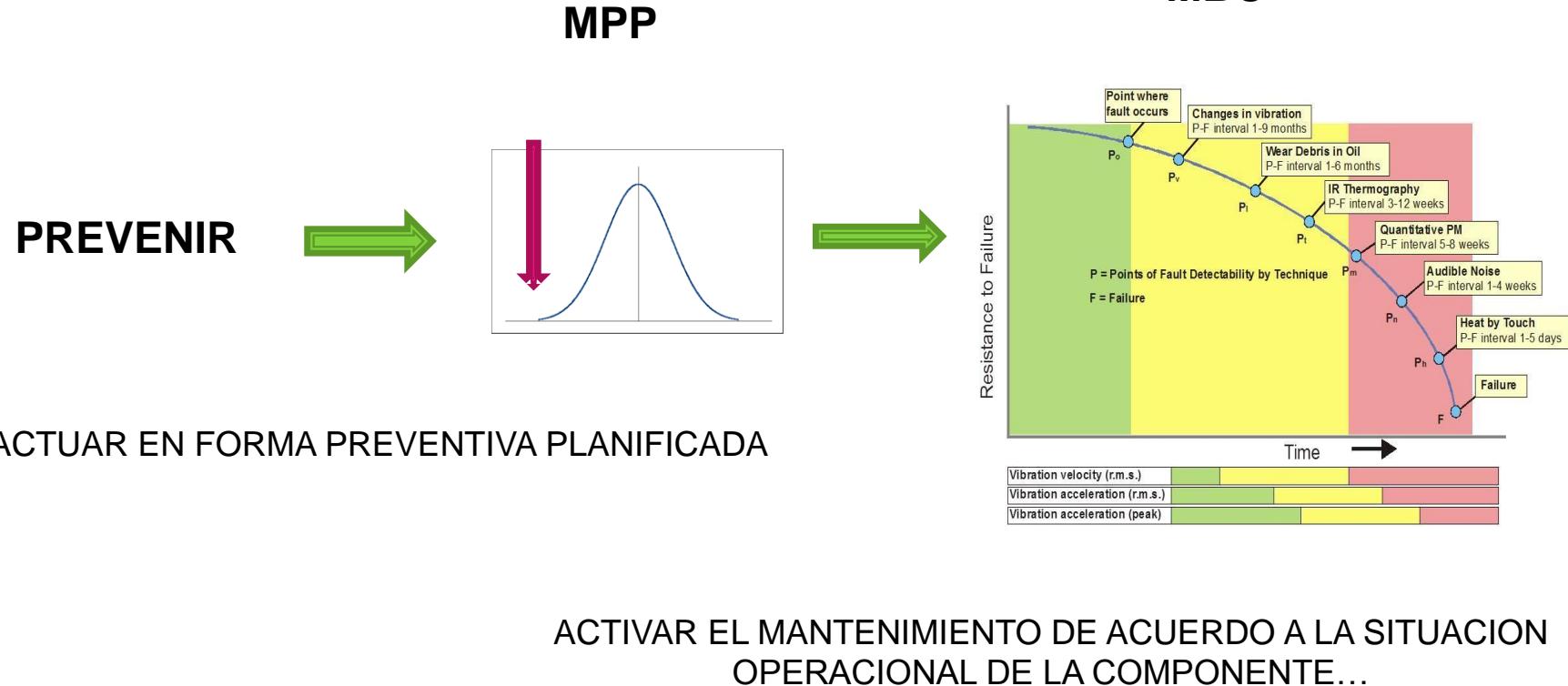
## VARIOS MODOS DE FALLA COMPITIENDO

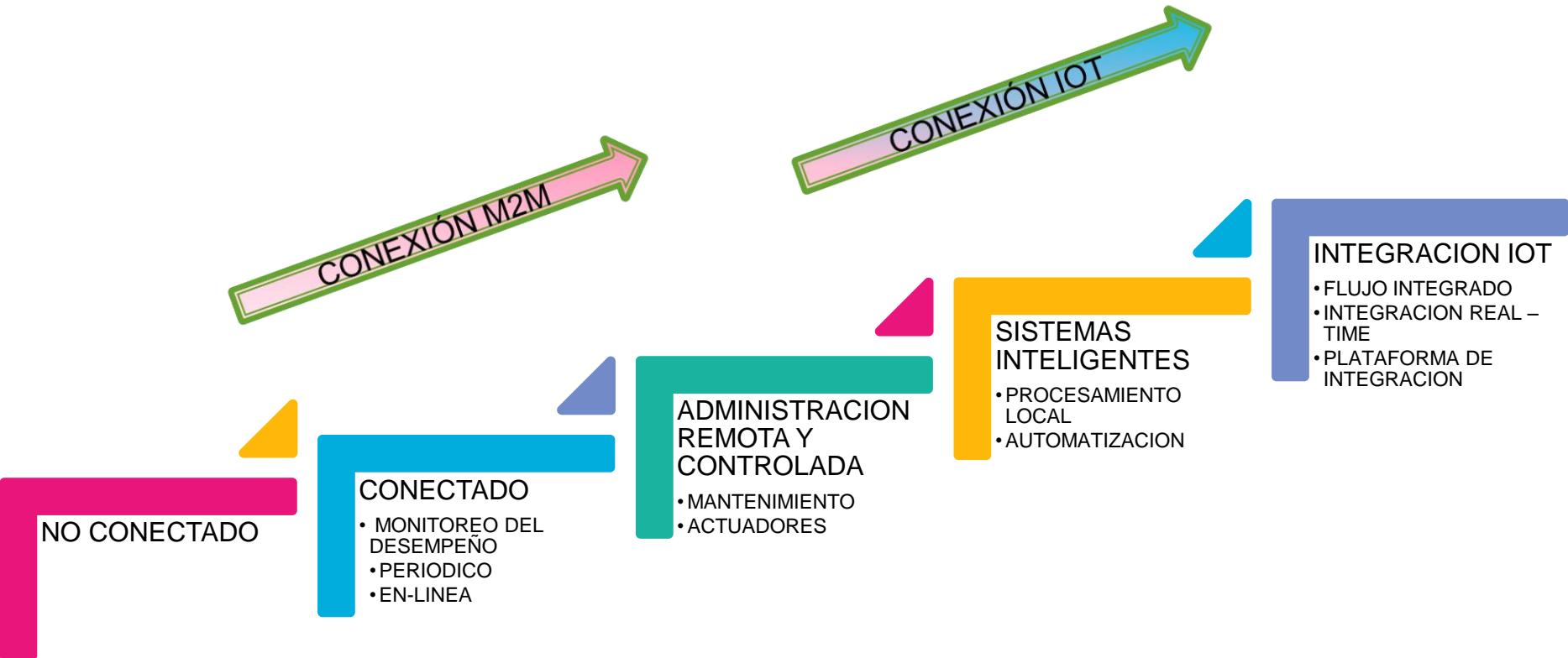


MODO DE FALLA DOMINANTE

## MAPEAR LA FALLA

# LO QUE HACIAMOS DESPUES.....





## HISTORIA DE LOS CAMBIOS DE TECNOLOGIA: DEL M2M AL IOT

M2M : MAQUINA A MAQUINA  
 IOT: INTERNET DE LOS OBJETOS

**EL ANTES...**



**NO CONECTADOS**



Las mediciones se realizaban fuera de línea, en forma periódica, con adquisición de datos en el equipo de medición o grabaciones analógicas y se procesaban posteriormente con software mas potentes en laboratorios, oficinas de trabajo o universidades que brindaban el servicio de procesamiento de información con fines de diagnóstico

# EL AHORA...

## INTEGRACION IOT

- FLUJO INTEGRADO
- INTEGRACION REAL –TIME
- PLATAFORMA DE INTEGRACION



Sistema anticolisión (\*) que apoya a los operadores en el manejo de equipos móviles en circunstancias desfavorables, advirtiendo a los conductores de la presencia de vehículos o maquinaria pesada dentro del área de trabajo en tiempo real...



(\*)<http://www.mch.cl/reportajes/deteccion-de-proximidad-para-equipos-mineros-en-operaciones-de-extraccion/>



# EL FUTURO INMEDIATO ....

LA MAYORÍA DE LOS EQUIPOS SERAN AUTOMATIZADOS USANDO LA TECNOLOGÍA DEL DIGITAL TWINNING

## EJEMPLO. TURBINAS EOLICAS



Combinando un simple sensor – giroscopo en una turbina eólica y usando la tecnologia de digital-twin permite al propietario detectar vibraciones, fracturas en la columna, problemas de sobrecalentamiento de rodamientos y problemas en los cimientos, entre otros...

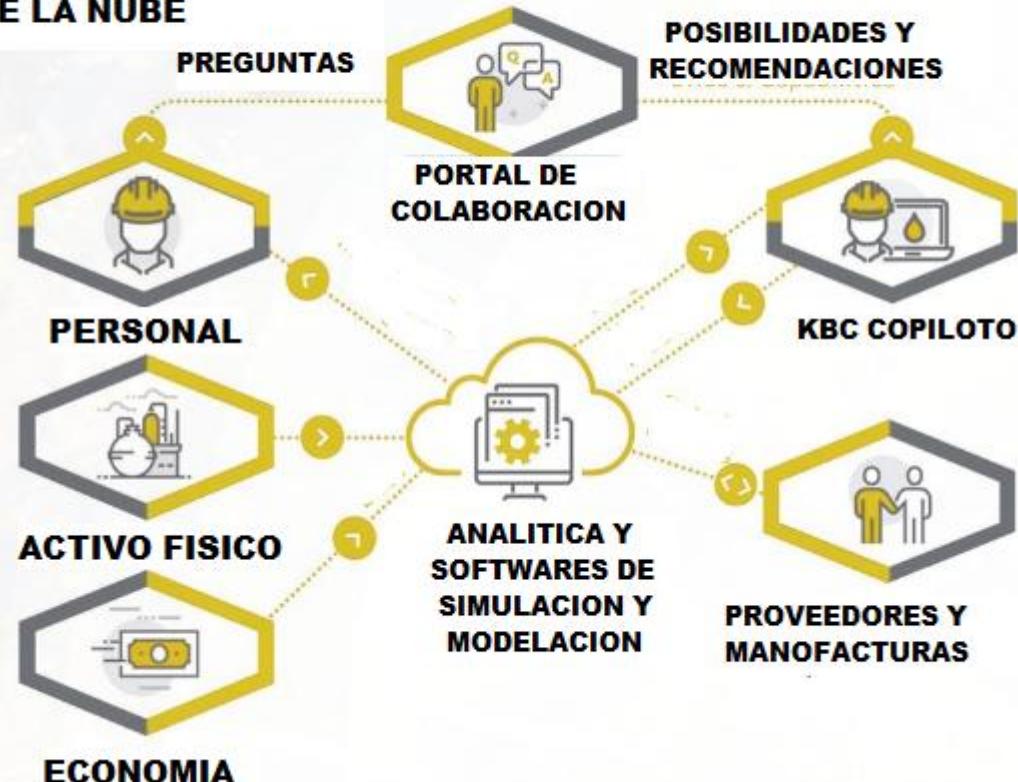




# EN EL CASO DE LA MINERIA....

MODELACION DE MELLIZOS, VINCULANDO EL SISTEMA FISICO, CON SU MELLIZO DIGITAL EN LA NUBES.

## SISTEMA DIGITAL GEMELO BASADO EN APLICACIONES DE LA NUBE

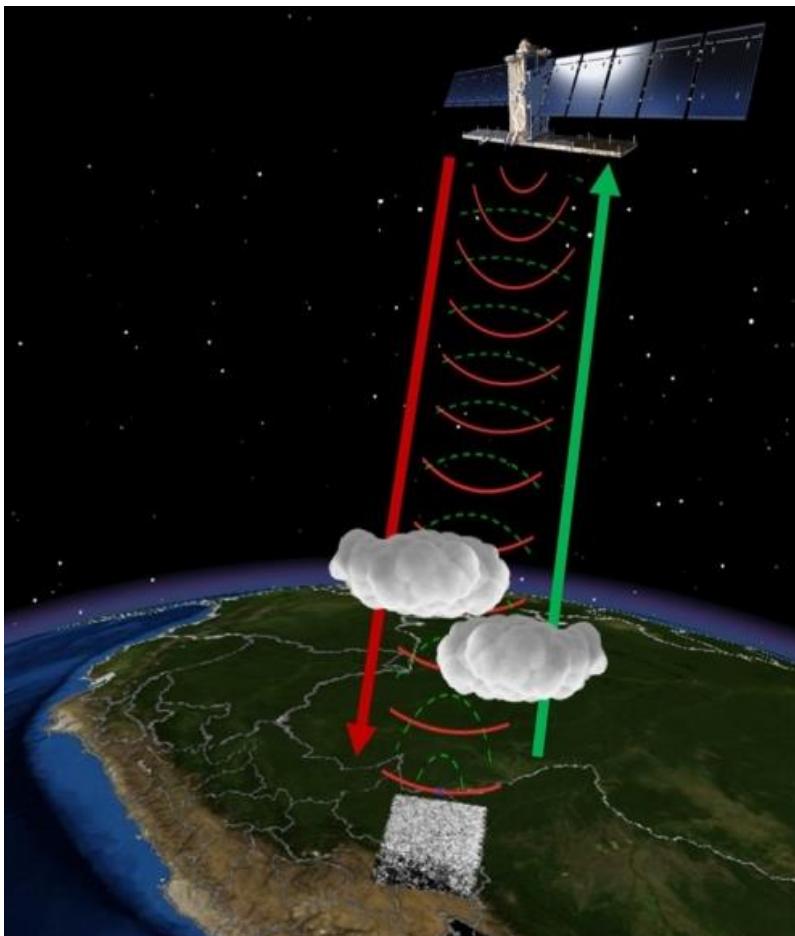


## SE AMPLIARÁ EL USO DE DRONES (\*)....



(\*) What will the mine of the future be like? - AusIMM Bulletin <https://www.ausimmbulletin.com/feature/will-mine-future-like>

# USO DE SATELITES PARA MONITOREAR SENSORS IoT Y CAMBIOS DEL ENTORNO AMBIENTAL...



**SE AUMENTARÁ LA PRECISIÓN, LA CALIDAD Y LA RESOLUCIÓN DE LOS DATOS E IMAGENES USADOS EN EL CONTROL Y OPERACIÓN DE LOS PROCESOS MINEROS.... EL RETO ES ELIMINAR LOS DATOS MALOS Y USAR LOS BUENOS PARA HACER LA DIFERENCIA EN LA EFICIENCIA DE LA PLANTA...**



“ ...Ud puede ver lo que ocurre en su instalación, pegando un simple sensor plástico de \$ 20 en su equipo y puede detectar vibraciones y otros problemas de interés.

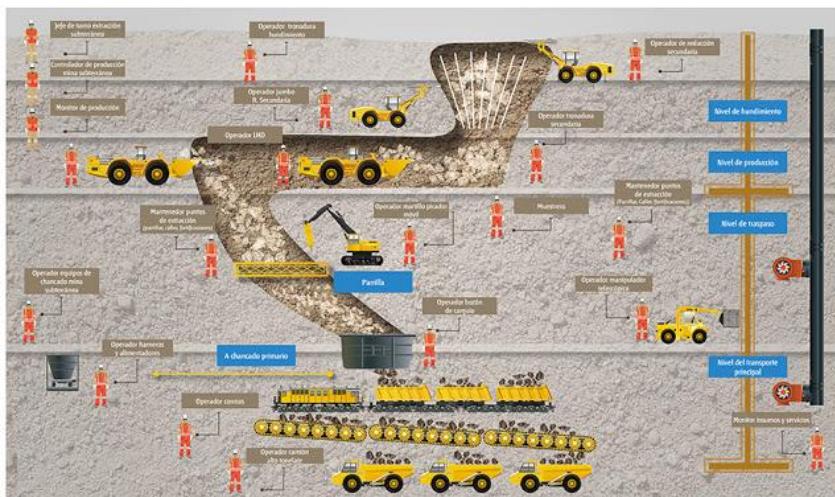
...Puede colocar sensores IoT en todos los lugares y que formen parte de la infraestructura y comunicación de toda la planta... Es una forma barata de reconocer temperaturas, vibraciones, posiciones, y corriente en su equipo entre otras cosas...”

Alistair Orchard, vice presidente de Digital Enterprise, SIEMENS

## ENTENDIENDO LO QUE ES LA ANALÍTICA PREDICTIVA

La Analítica Predictiva hace referencia a la captura, gestión, análisis y la generación de valor estratégico de los datos de un cliente.

**CLIENTE.** Puede ser una persona, una organización o en el caso específico del mantenimiento en sistemas mineros, una maquina o ciclos productivos completos.



**Ejemplo de Cliente: Sistema de minería subterránea.**

Según Reporte **Industrial IoT on land and at sea** (\*), se generan actualmente un ROI de \$214 billones al aplicar las IoT en la Minería.

Alrededor de USD 480 millones al año las empresas de la región invierten en Big Data. Estudios demostraron que hoy se generan más de 2,5 quintillones de bytes al día. Tanto así, que se cree que el 90% de los datos a nivel mundial se originaron hace solo dos años.

La analítica predictiva forma parte de la analítica avanzada.

Esta busca a través de análisis estadísticos, predecir sucesos futuros estudiando los datos de sucesos pasados.

Para construir un modelo predictivo que responda a una inteligencia de negocio, es necesario recoger el mayor número de datos posible y diferenciar el dato que aporta valor sobre aquel que no lo hace. Los datos que nos podemos encontrar pueden ser datos estructurados y no estructurados.

**Datos estructurados** son aquellos que se pueden ordenar y tratar perfectamente. Es la información que se suele encontrar en la mayoría de bases de datos. Son archivos de tipo texto que se suelen mostrar en filas y columnas con títulos. Son datos que pueden ser ordenados y procesados fácilmente por todas las herramientas de minería de datos.

Ejemplo de estos datos en el mantenimiento minero son los siguientes:

TEF (TA), TPR(TD), TMEF(TMA), TMPR (TMD), D, C, M, etc.

**Datos no estructurados** son aquellos que no se pueden ordenar y clasificar, sin una estructura clara. El 80 % de la información relevante para un negocio se origina en forma no estructurada, principalmente en formato texto.

Los datos no estructurados, generalmente son datos binarios que **no tienen estructura interna identifiable**. Es un conglomerado masivo y desorganizado de varios objetos que no tienen valor hasta que se identifican y almacenan de manera organizada.

Ejemplo de estos datos en el mantenimiento minero son las competencias de la empresa con otras; el conocimiento de los operadores, etc.

Con estos datos solemos tomar decisiones basadas en los hechos.

De este modo, y a través de los datos necesarios de una máquina o proceso, podremos averiguar y anticipar resultados y comportamientos, que nos permitan ser proactivos.



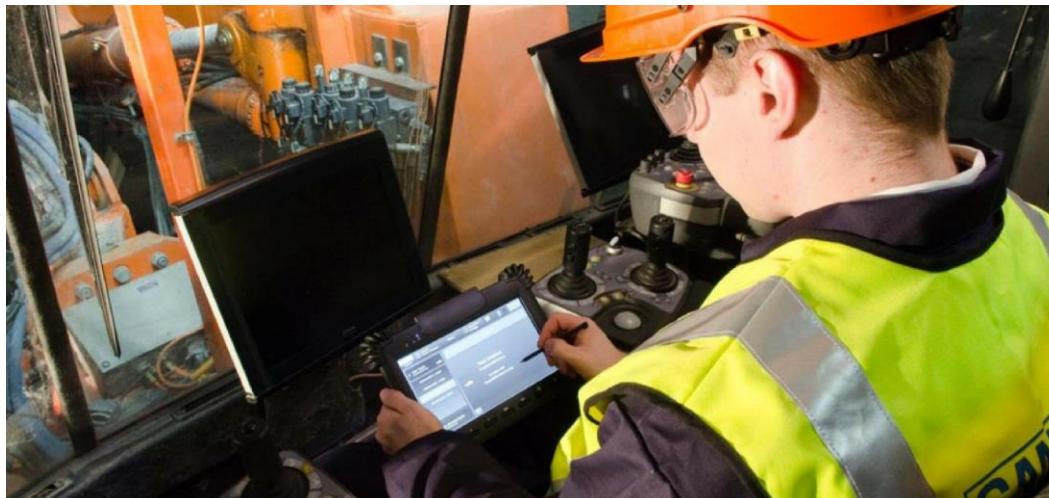
Pero la analítica predictiva no tiene como objeto conocer qué puede pasar, si no crear modelos de análisis predictivos construido usando técnicas matemáticas y de inteligencia artificial, permitiendo inferir cómo se comportará en el futuro una variable (que se predice) en función de una serie de variables predictoras.

Hay diversas características que distinguen este tipo de analítica de otras aplicaciones:

- La granularidad del dato**
- Foco en predicción**
- Estudio del comportamiento**
- Multi-Dinámico**
- Multi-plataforma**
- Multi-sector/multi-aplicación**
- Multi-disciplinar**

## ¿QUE SE ENTIENDE POR BIG DATA?

- Se considera una tecnología revolucionaria en Tecnologías de la Información
- Apareció en la primera década del siglo XXI
- Big Data tiene como objetivo resolver problemas antiguos y nuevos, de manera más eficiente pero aplicado a extensos volúmenes de datos no usados hasta el momento
- Genera valor a un negocio a partir del almacenamiento y procesamiento de cantidades muy grandes de información digital que no pueden ser analizadas con técnicas tradicionales de computación



## II. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS EN LAS APLICACIONES DE LA ANALÍTICA PREDICTIVA Y EL BIG DATA



La mayoría de organizaciones comienzan su actividad en la analítica de clientes con técnicas de Business Intelligence (Inteligencia de Negocios), para avanzar posteriormente a herramientas de análisis predictivo y “data mining” o minería de datos

En realidad, no son técnicas excluyentes, y a menudo se utilizan en paralelo en una misma organización para diferentes objetivos y son gestionadas por distintos perfiles de usuarios.

Se trata de encontrar la complementariedad para ayudar al proceso de toma de decisiones.





Una estrategia de mantenimiento predictivo tiene el potencial de permitir a las compañías mineras de operar mas eficientemente, incluso durante los tiempos de incertidumbre.

Muchas compañías mineras operan en forma reactiva al nivel mas básico.

La Analítica Predictiva tiene un enfoque predictivo global. Con sensores IoT pueden predecirse fallas en los equipos antes de que estas ocurran. Pero requieren procesar los datos reales y usando las herramientas analíticas oportunas para predecir en tiempo real la degradación del desempeño operacional.

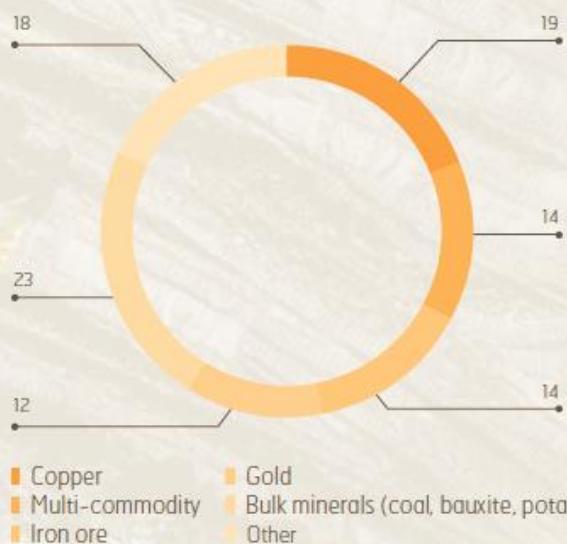
# REPORT: INMARSAT\_IoT\_ON\_LAND\_AND\_AT\_SEA (\*)

## MINING DEMOGRAPHICS

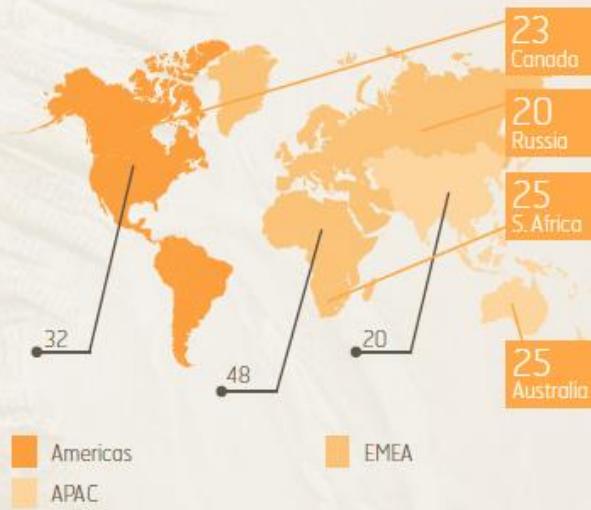
RESPONDENTS BY SIZE OF ORGANISATION (%)



RESPONDENTS BY SUB-SECTOR (125)



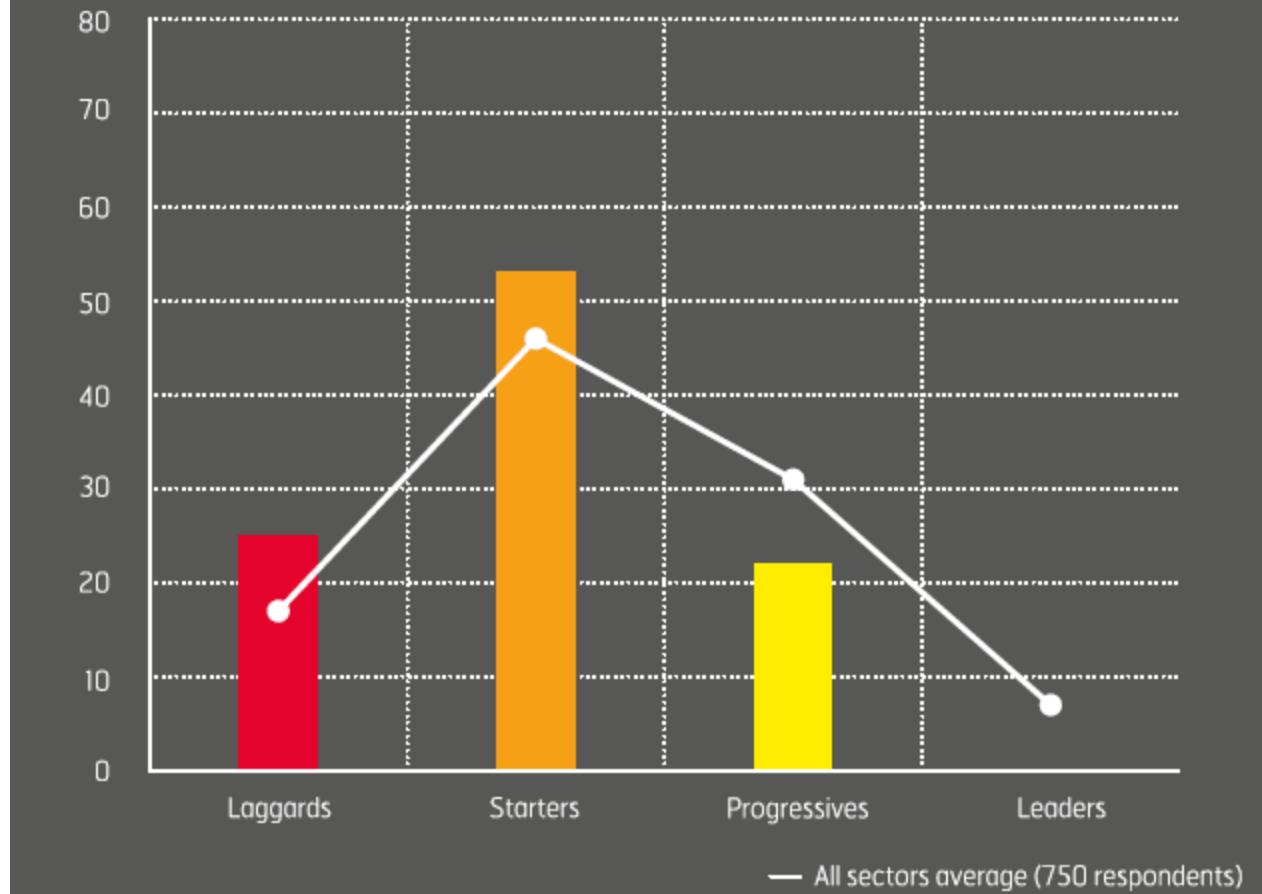
RESPONDENTS BY REGION (%)



# INMARSAT INDUSTRIAL IOT READINESS TOOL



WHAT IS THE MINING SECTOR'S OVERALL IIOT READINESS? (%)



Se comienza a incursionar en el sector minero , pero hay muchos actores retrasados...

Una de las mas sorprendente propiedades de la aplicación del BIG DATA a la Analitica Predictiva es que establece un final para el dominio de la estadistica descriptiva en los analisis de datos para la Toma de Decisiones.

Por más de 400 años hemos realizado el analisis mediante muestreo de los Sistemas Dinámicos Complejos y haciendo extrapolaciones de los datos para determinadas condiciones.

Ahora con el BIG DATA incorporado a la Analítica Predictiva, es posible **medir todo**, desde el movimiento de billones de estrellas, hasta cada latido del corazon humano.



### **III. EL PAPEL DE LA ANALÍTICA PREDICTIVA Y EL BIG DATA EN EL MANTENIMIENTO INTEGRAL MINERO: PRESENTE Y FUTURO**

Estudios actuales demuestran que las empresas que aplican la analítica predictiva, obtienen resultados mejores que los de sus iguales que no lo hacen.

Aquellas organizaciones con una filosofía general basada en analítica, tienen un rendimiento medio tres veces superior a las restantes.

La analítica de negocio permite que su organización identifique las tendencias y los patrones sutiles de modo que pueda anticiparse y controlar los acontecimientos para mejorar los resultados. De esta forma puede ser mas competitiva.

El mantenimiento integral minero no es una excepción.

## **Los pasos actualmente para aplicar al proceso de Analítica Predictiva con los datos son,**

- Entendimiento del negocio
- Entendimiento de los datos
- Preparación de los datos
- Modelación
- Evaluación
- Despliegue



Aunque estos pasos son cíclicos e iterativos, la parte más importante es la relacionada con los datos y las componentes analíticas.

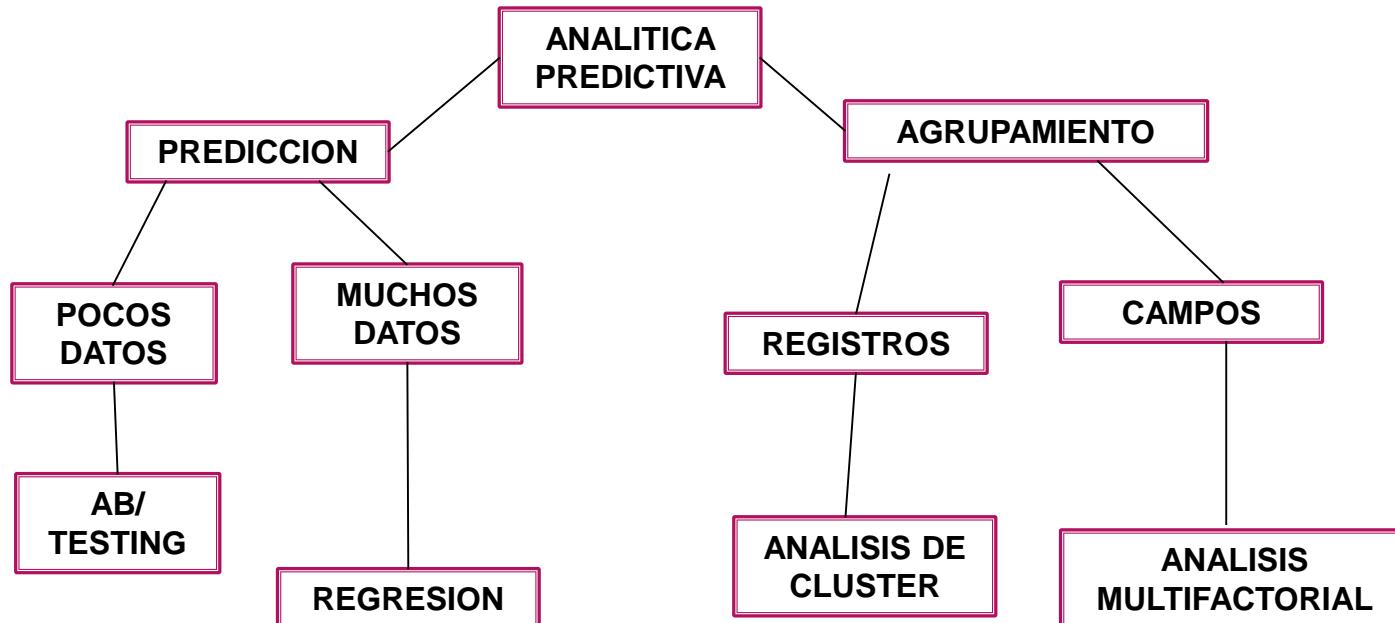


<b>Entendimiento del negocio</b>	<b>5- 15 % del tiempo</b>
<b>Entendimiento de los datos</b>	<b>5 – 10 %</b>
<b>Preparación de los datos</b>	<b>50 – 60 %</b>
<b>Modelación</b>	<b>5 – 15 %</b>
<b>Evaluación</b>	<b>5 – 10 %</b>
<b>Despliegue</b>	<b>10 – 15 %</b>

**LA IDEA CENTRAL ES USAR LA TECNOLOGIA EN LA REDUCCION DEL TIEMPO DE PREPARACION Y MOVERLO HACIA LA MODELACION Y LA EVALUACION, QUE PERMITEN DESCUBRIR NUEVAS OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS...**

## Herramientas que se utilizan normalmente para el modelamiento y la evaluación durante los análisis de predicción

El siguiente cuadro de categorización ayuda a determinar las técnicas de la analítica predictiva que debemos usar.



# EJEMPLO :

Prediccion con muchos datos usando el  
Modelo de Regresion Lineal...

Muestra aleatoria escogida			
X1	X2	X3	Y
21	25	27	79
23	26	28	78
25	31	29	92
27	32	28	105
24	29	30	101
22	40	41	106
24	29	32	87
27	28	29	89
29	32	36	101
26	41	42	124
28	27	30	103

Resumen	
Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.900787567
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.81141824
R <sup>2</sup> ajustado	0.730597486
Error típico	6.993833
Observaciones	11

ANÁLISIS DE VARIANZA	
	Grados de libertad   suma cuadrado de los cuadrados   F   valor crítico de F
Regresión	3   1473.240463   491.0801545   10.0397262   0.00626248
Residuos	7   342.3999002   48.91370003
Total	10   1815.636364

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95%	Superior 95%	
Intercepción	-16.05108838	24.99112797	-0.642350336	0.54110419	75.1476867	43.0415678	75.1476867	
Variable X 1	2.032437264	0.870158353	2.335709654	0.05217345	-0.02516028	4.09003481	-0.02516028	4.09003481
Variable X 2	2.151390482	0.988149951	2.177190293	0.06591357	-0.18521286	4.48799382	-0.18521286	4.48799382
Variable X 3	-0.144436918	0.982611027	-0.146992974	0.88728159	-2.46794278	2.17906895	-2.46794278	2.17906895

$$Y = -16.05 + 2.03 X_1 + 2.15 X_2 - 0.14 X_3$$

Análisis de los residuos		Resultados de datos de probabilidad	
Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estándares
1	76.51308838	2.486911615	0.42500699
2	82.58491648	-4.584916478	-0.783550786
3	97.2623065	-5.2623065	-0.899315051
4	103.6230084	1.376991572	0.235324242
5	90.78265135	10.21734865	1.74611939
6	108.794266	-2.794266037	-0.477533094
7	90.49377752	-3.493777518	-0.597077861
8	94.87300958	-5.873009581	-1.003682684
9	106.5323876	-5.532387616	-0.94547124
10	118.9309687	5.069031341	0.866284808
11	94.60961945	8.39038054	1.433895102

Sumatoria de residuo	7.105E-14	1.1768E-14
----------------------	-----------	------------

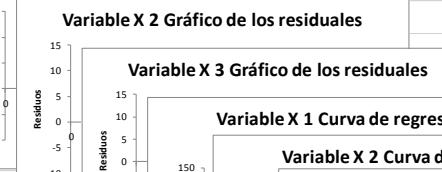
  

NOTA = 92

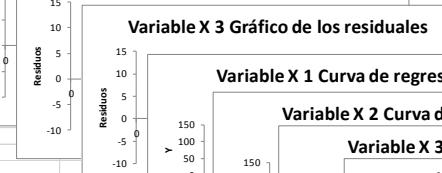
**Muestra aleatoria escogida**

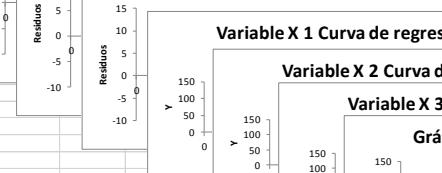
**Variable X 1 Gráfico de los residuales**

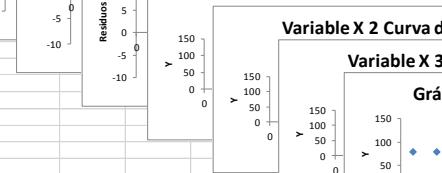
**Variable X 2 Gráfico de los residuales**

**Variable X 3 Gráfico de los residuales**

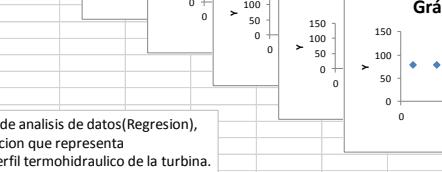
**Variable X 1 Curva de regresión**

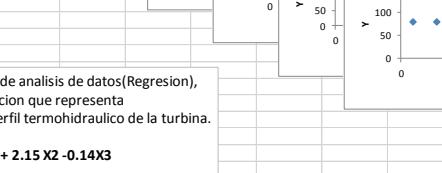
**Variable X 2 Curva de regresión**

**Variable X 3 Curva de regresión**

**Gráfico de probabilidad normal**

Muestra percentil

  
**Diaman Consulting Services**  
O.Aguilar Ph.D

DIAMAN CONSULTING SERVICES

PhD O. AGUILAR

35

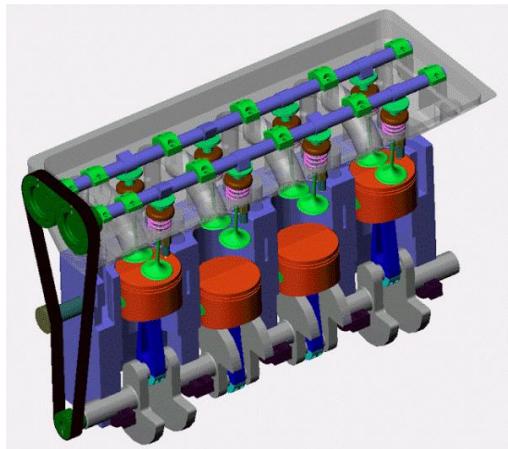
Los Modelos Predictivos usados estan formados de,

Atributos

Atributos predecibles

Comportamientos predecibles

Ejemplo:



### ATRIBUTOS DE LA MAQUINA

- TEF, TA
- TPR, TD
- ACCIONES MPP
- ACCIONES MC
- ACCIONES MP
- DETECCION DE PARTICULAS
- MEDICION DE VISCOSIDAD
- LOCALIZACION, ETC

## ENCONTRAR PATRONES EN LOS DATOS



## CONDICIONES OPERACIONALES



## UN MODELO PREDICTIVO

### ATRIBUTOS

- Tiempos entre Fallas (TEFi)
- Tiempo Activo (TAi)
- Tiempos para la Reparación (TPRi)
- Tiempo de Detención (TDi)
- Acciones de mtto (MC,MPP, MP)
- Planes de mtto en Lubricacion, AxV, etc

### ATRIBUTOS PREDECIBLES

- TMEF, TMA,  $\sigma$ , S,  $\varepsilon$
- TMPR, TMD,  $\sigma$ , S,  $\varepsilon$
- R( $T_{MISION}$ )
- Mantenibilidad
- Disponibilidad

### COMPORTAMIENTOS PREDECIBLES

- TMEF VS TMPR
- M VS TMEF, TMPR
- R VS TMEF, TMPR
- D VS TMEF, TMPR, R, M

# Ejemplo de algunos modelos analíticos predictivos

MODELO PREDICTIVO	ATRIBUTOS	ATRIBUTOS PREDECIBLES	COMPORTAMIENTO ESTIMADO
TURBINA, 5 AÑOS	FALLAS POR LUBRICACION		COMPRAS DE LUBRICANTES
MTTO POR MPP	FALLAS POR DESBALANCE		BALANCEOS
TEF	TMEF		VIDA UTIL DE COMPONENTES
TPR	TMPR		GESTION DE REPUESTOS
HORAS TRABAJADAS	DISPONIBILIDAD		GESTION DE INSUMOS
TASA DE FALLAS PROMEDIO	CONFIABILIDAD		VIDA UTIL DE LA MAQUINA, CUMPLIMIENTO DE TMISION
TIEMPOS DE REPARACION	MANTENIBILIDAD		FRECUENCIAS DE MTTO (MPP, PM,MBC)
COSTOS MTTO	COSTOS CORRECTIVO, PREVENTIVOS Y PREDICTIVOS		GESTION OPTIMIZADA DE COSTOS

# MODELO PREDICTIVO CLASICO APLICADO ACTUALMENTE



# MODELO ANALÍTICO PREDICTIVO CON BIG DATA



# Trabajando con la Analítica Predictiva

**PASO 1.** El primer paso es definir el cliente, o el objeto de estudio (tag) y el listado de sus atributos,

**PASO 2.** Considerar utilizando la analítica predictiva, las predicciones específicas para ese objeto, en sus condiciones operacionales

**PASO 3.** Con los resultados del análisis realizado, se proponen acciones de mejoras, a través de acciones concretas de mantenimiento (evolución dinámica del comportamiento)



CLIENTE



PREDICCIONES



ACCIONES DE  
MEJORAS

El valor agregado que la analítica predictiva trae a las compañías es el servicio de proveer predicción de comportamiento para las maquinas, basado en sus concretas condiciones operacionales.

La habilidad de identificar las necesidades, y propiedades tangibles e intangibles, de una maquina especifica en sus condiciones operacionales concretas mucho mas rapido, que lo que puede hacer la competencia, es el fundamento del logro que representa el uso de esta herramienta.



**EMPRESA 1**

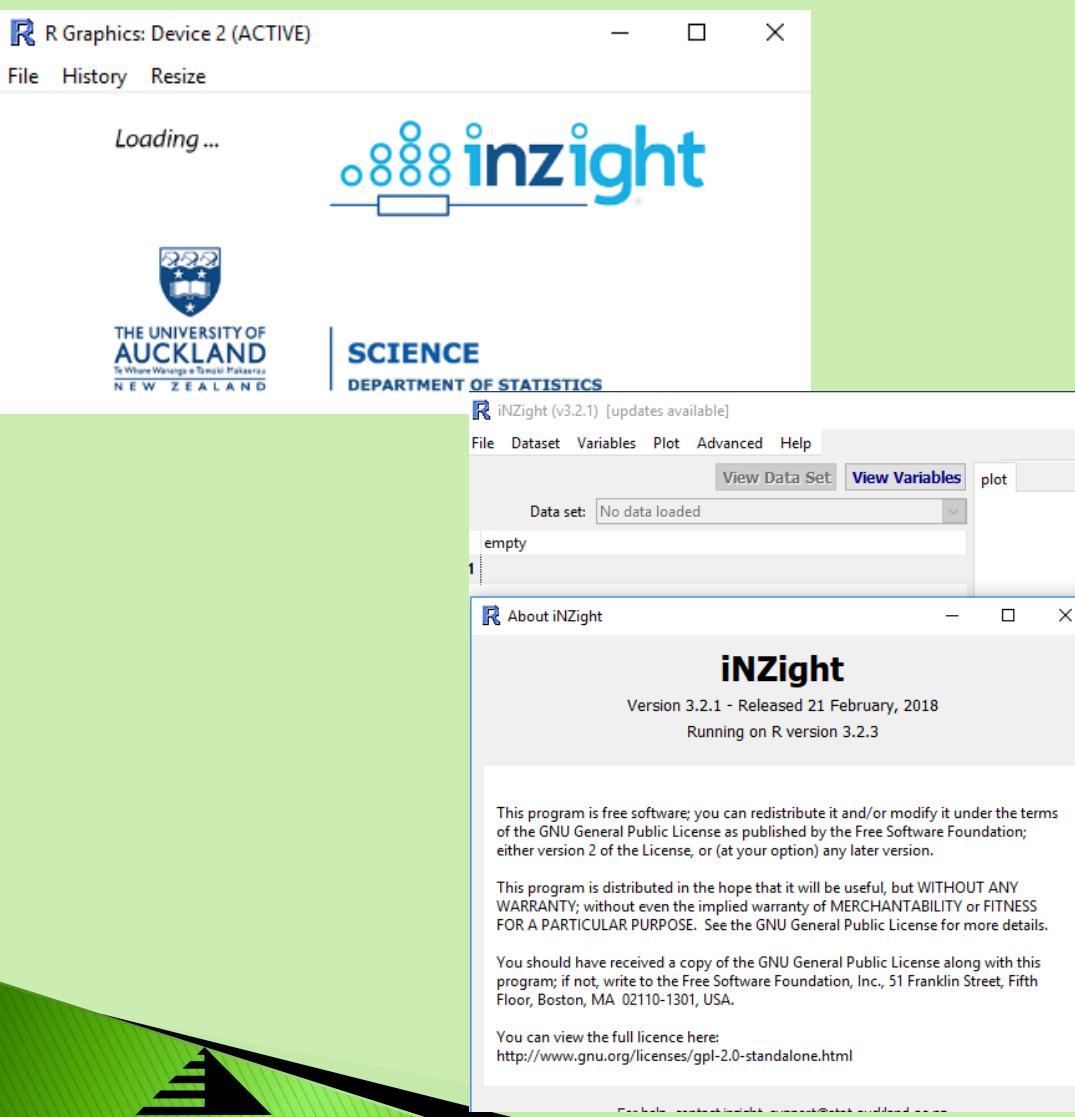


**EMPRESA 2**

# Consideraciones a tener en cuenta cuando usamos la Analítica Predictiva

- Integral la Analítica Predictiva con la Solución de Grandes Datos /Big Data Solutions/
- Relacionar los datos del entorno operacional para la obtencion masiva de datos a procesar y analizar
- Accesar e integrar datos desde múltiples fuentes
- Considerar la integración con los datos en las “nubes”
- Encontrar al cliente (maquina) mediante analisis espacial para la localizacion a distancia
- Aprovechar al analista de datos
- Ver lo que hay detrás de la cortina
- Hacer los grandes datos mas manejables

# SOFTWARE DISPONIBLES PARA LAS APLICACIONES DE LA ANALÍTICA PREDICTIVA



The screenshot shows the iNZight software interface. At the top, there's a window titled "R Graphics: Device 2 (ACTIVE)" with options to "File", "History", and "Resize". Below it, a main window has a "Loading ..." message and the "inZight" logo. To the left, the University of Auckland Science Department of Statistics logo is visible. A smaller window titled "About iNZight" is open, displaying version 3.2.1 released on 21 February 2018, running on R version 3.2.3. The "About iNZight" window contains text about the GNU General Public License, distribution terms, and a link to the full license.

**iNZight**  
Version 3.2.1 - Released 21 February, 2018  
Running on R version 3.2.3

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program; if not, write to the Free Software Foundation, Inc., 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301, USA.

You can view the full licence here:  
<http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0-standalone.html>

**ia ora and welcome! To get started, import some data.**  
ot sure where to go? Try the File menu!  
here are some example datasets there if you just want to explore the program.  
hat's changed? Y'know, in case you're interested ...

iNZight now speaks tidyverse!  
The data operations in the Data and Variables menus now write tidyverse code,  
which you can see by going to Advanced > Show R code history.  
Note that this is a new feature and still being developed.



Version 3.2  
Release date: 23 Jan 2018



Soluciones por Industria

Productos

Aprende

Soporte

Casos de éxito

Partners

Acerca de SAS

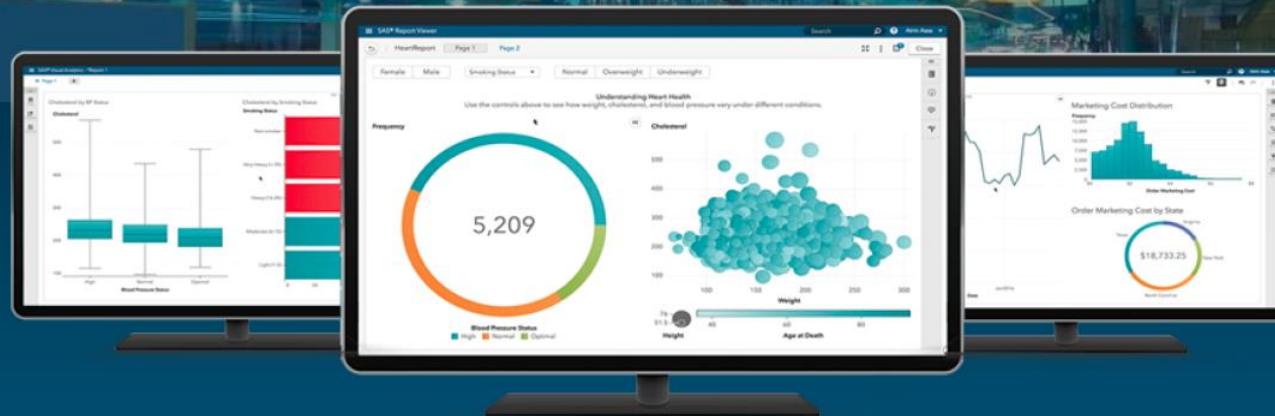
Software y Soluciones de Analítica

Try SAS for Free

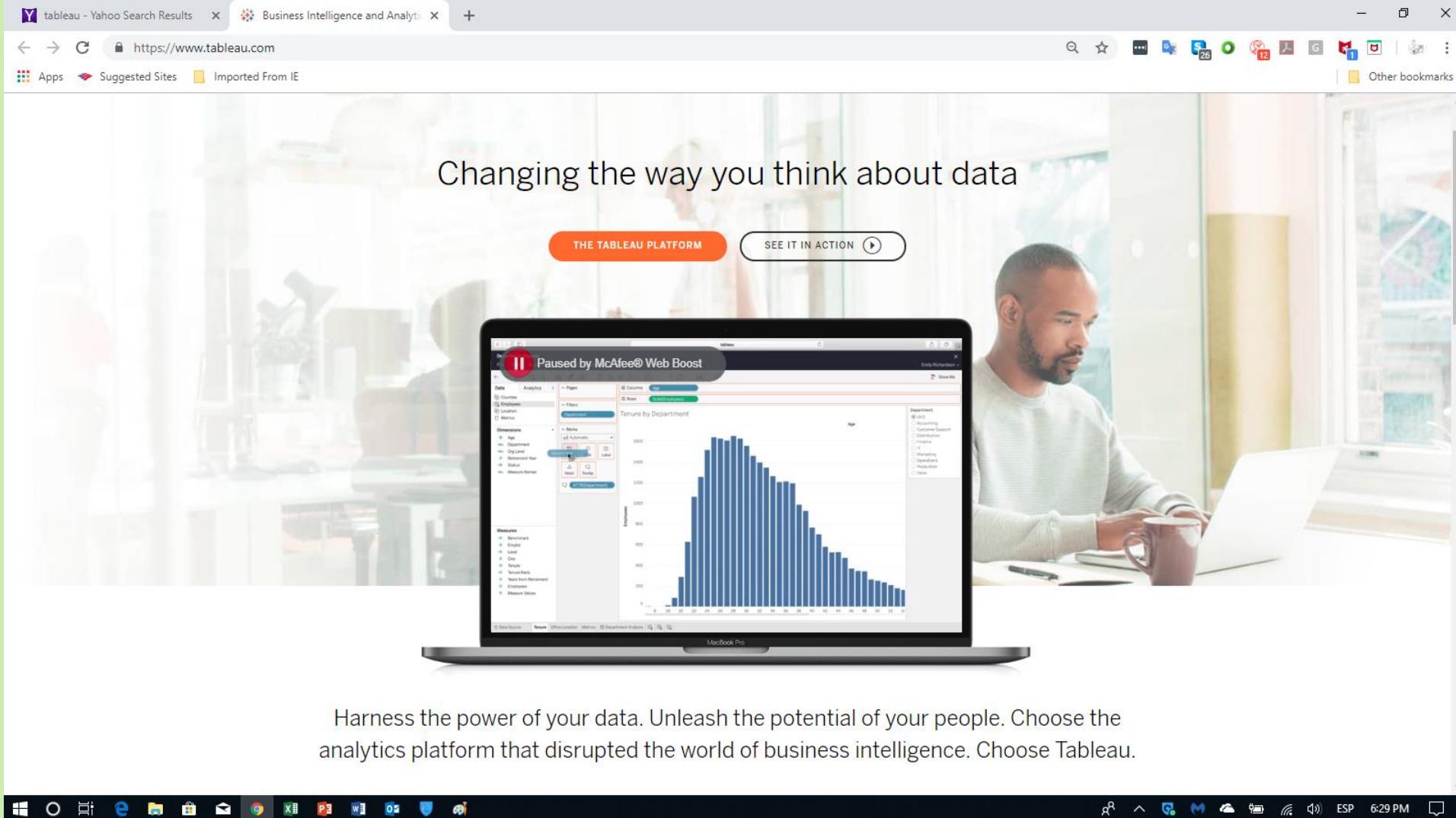
## Por qué SAS es el Líder en Analítica

Hemos aplicado la analítica a los más complejos problemas de negocios por décadas. Con SAS, usted obtiene soluciones basadas en una poderosa plataforma analítica - y millones de lecciones aprendidas.

Descubra SAS



Leave a message



Y software r - Yahoo Search Results X R: The R Project for Statistical Co... X +

https://www.r-project.org

Apps Suggested Sites Imported From IE Other bookmarks

# The R Project for Statistical Computing

**Getting Started**

R is a free software environment for statistical computing and graphics. It compiles and runs on a wide variety of UNIX platforms, Windows and Mac OS. To [download R](#), please choose your preferred CRAN mirror.

If you have questions about R like how to download and install the software, or what the license terms are, please read our [answers to frequently asked questions](#) before you send an email.

## News

- [R version 3.5.2 \(Eggshell Igloo\) prerelease versions](#) will appear starting Monday 2018-12-10. Final release is scheduled for Thursday 2018-12-20.
- The R Foundation Conference Committee has released a [call for proposals](#) to host useR! 2020 in North America.
- You can now support the R Foundation with a renewable subscription as a [supporting member](#)
- [R version 3.5.1 \(Feather Spray\)](#) has been released on 2018-07-02.
- The R Foundation has been awarded the Personality/Organization of the year 2018 award by the professional association of German market and social researchers.

## News via Twitter

 **The R Foundation** @\_R\_Foundation We welcome @gdequeiroz, @edzerpebesma and @henrikbengtsson, elected as ordinary members of the R Foundation in recognition of their services to the R community.

Oct 26, 2018

 **The R Foundation Retweeted** useR! 2019

Waiting for platform.twitter.com...



## IV. Análisis de Casos de Estudios y Ejemplos de Aplicaciones

**CASO 1.** Una empresa tiene registros históricos confiables de 200 meses para una máquina crítica.

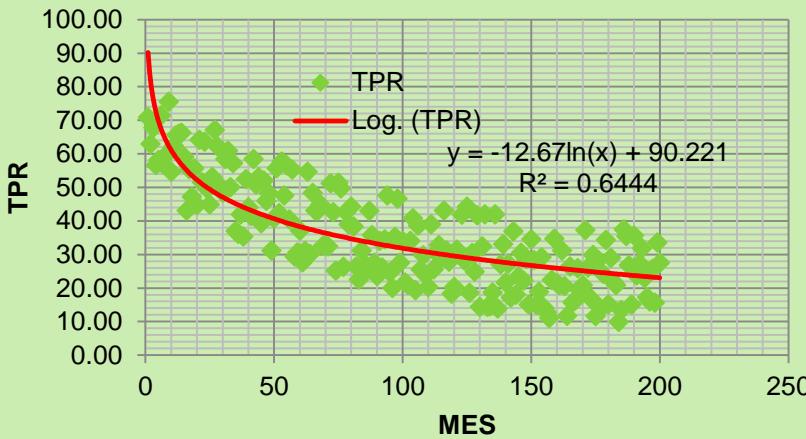
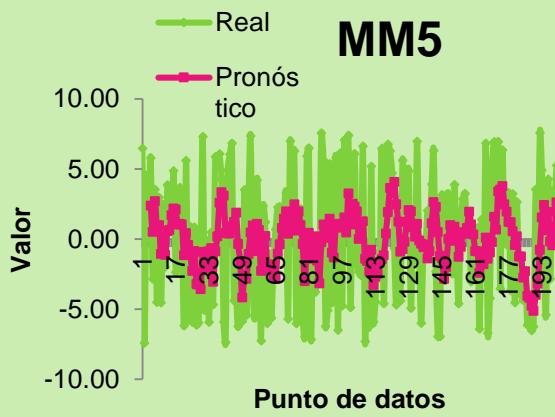
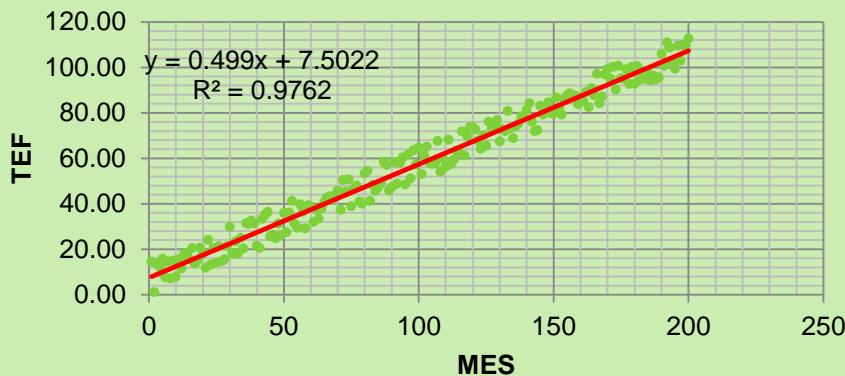
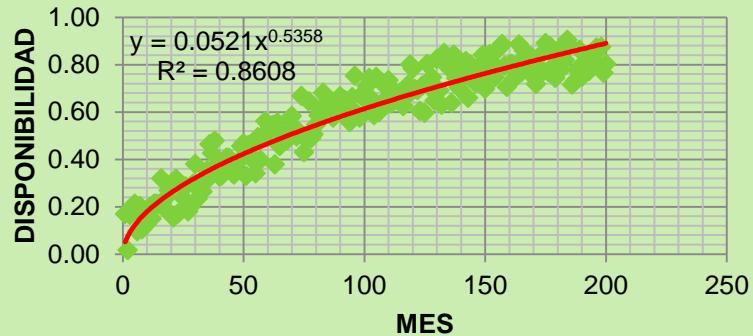
Definiendo los **ATRIBUTOS** de la máquina, los **ATRIBUTOS PREDECIBLES** y determinando los **COMPORTAMIENTO PREDECIBLES**, podemos focalizar los planes y acciones de mantenimiento adecuado a las condiciones operacionales.

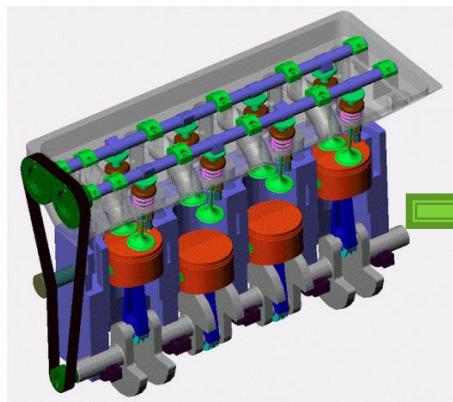
MES	TEF	TPR
1	14.46	70.88
2	1.09	62.96
3	13.46	67.78
4	12.06	56.63
5	15.77	58.24
6	7.65	71.46
7	14.54	56.75
8	6.97	59.74
9	14.96	75.57
10	7.95	54.66
11	15.45	62.39
12	11.49	65.59
13	17.84	66.06
14	17.93	66.35
15	15.68	59.12
16	20.34	43.15
17	13.61	55.48
18	14.97	47.23
19	20.67	55.76
20	18.01	44.78
21	11.79	64.24
22	24.07	51.54
23	13.20	63.62
24	20.38	49.66
25	14.05	44.92
26	21.32	53.11
27	14.84	67.20
28	15.48	62.34

(\*)Se muestra solo una parte de los datos

	ATRIBUTOS			ATRIBUTOS	PREDECIBLES		
MES	TEF	TPR	DISPONIBILIDAD	TEF LINEAL	TEF-TEFL	MM3	MM5
1	14.46	70.88	0.17	8.00	6.46	#N/A	#N/A
2	1.09	62.96	0.02	8.50	-7.41	#N/A	#N/A
3	13.46	67.78	0.17	9.00	4.46	1.17	#N/A
4	12.06	56.63	0.18	9.50	2.56	-0.13	#N/A
5	15.77	58.24	0.21	10.00	5.78	4.27	2.37
6	7.65	71.46	0.10	10.50	-2.85	1.83	0.51
7	14.54	56.75	0.20	11.00	3.55	2.16	2.70
8	6.97	59.74	0.10	11.49	-4.53	-1.28	0.90
9	14.96	75.57	0.17	11.99	2.96	0.66	0.98
10	7.95	54.66	0.13	12.49	-4.54	-2.04	-1.08
11	15.45	62.39	0.20	12.99	2.45	0.29	-0.02
12	11.49	65.59	0.15	13.49	-2.00	-1.36	-1.13
13	17.84	66.06	0.21	13.99	3.85	1.44	0.55
14	17.93	66.35	0.21	14.49	3.44	1.77	0.64
15	15.68	59.12	0.21	14.99	0.69	2.66	1.69
16	20.34	43.15	0.32	15.49	4.86	3.00	2.17
17	13.61	55.48	0.20	15.99	-2.38	1.06	2.09
18	14.97	47.23	0.24	16.48	-1.52	0.32	1.02
19	20.67	55.76	0.27	16.98	3.68	-0.07	1.07
20	18.01	44.78	0.29	17.48	0.53	0.90	1.03
21	11.79	64.24	0.16	17.98	-6.19	-0.66	-1.17
22	24.07	51.54	0.32	18.48	5.59	-0.02	0.42
23	13.20	63.62	0.17	18.98	-5.78	-2.13	-0.43
24	20.38	49.66	0.29	19.48	0.90	0.24	-0.99
25	14.05	44.92	0.24	19.98	-5.93	-3.60	-2.28
26	21.32	53.11	0.29	20.48	0.84	-1.40	-0.88
27	14.84	67.20	0.18	20.98	-6.13	-3.74	-3.22
28	15.48	62.34	0.20	21.47	-5.99	-3.76	-3.26
29	21.27	50.39	0.30	21.97	-0.70	-4.27	-3.58
30	29.78	48.49	0.38	22.47	7.31	0.20	-0.94

## Con el Excel, un punto = 1 dato





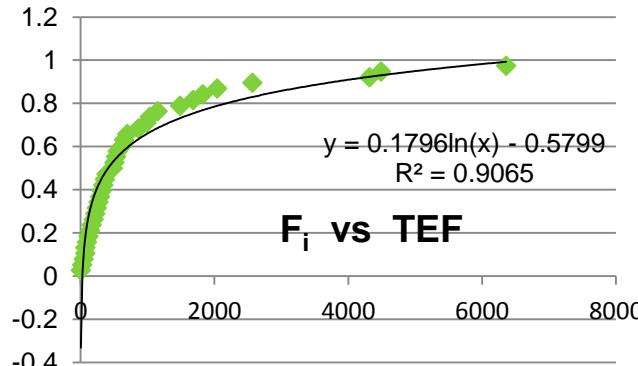
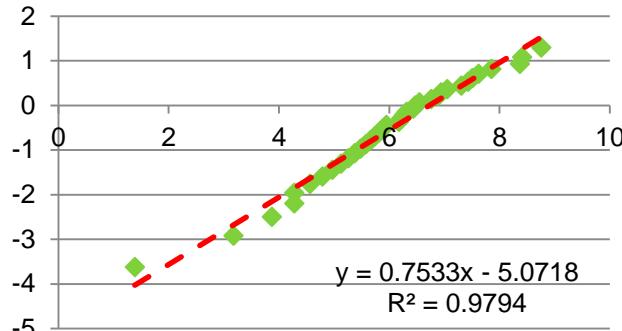
### ATRIBUTOS DE LA MAQUINA

- TEF
- TPR
- DISPONIBILIDAD
- MANTENIBILIDAD
- CONFIABILIDAD EN T  
MISION
- ACCIONES MPP
- ACCIONES MC
- ACCIONES MP, ETC

ANALITICA PREDICTIVA

### COMPORTAMIENTOS PREDECIBLES

#### $\ln(\ln(1/(1-F_i)))$ VS $\ln(\text{TEF})$



### APLICACION DE LA ANALITICA PREDICTIVA EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

## CASO 2.

Un cargador frontal en una minera tiene el siguiente conjunto de datos que lo tipifican

año	fecha	semana	equipo	SEMANAL			LECTUR A	TF	Nº de Fallas	TR	horas	tasa_fallo	
				MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD							
2006	29-May-2006	1	SCOOP 315	55.00	1.00	98%	0	0	165.00	3	3.00	168	0.01786
2006	05-Jun-2006	2	SCOOP 315	40.88	1.13	97%	246	24	163.50	4	4.50	336	0.01190
2006	12-Jun-2006	3	SCOOP 315	39.83	2.17	95%	502	46	159.33	4	8.67	504	0.00794
2006	19-Jun-2006	4	SCOOP 315	54.97	1.03	98%	744	69	164.92	3	3.08	672	0.00446
2006	26-Jun-2006	5	SCOOP 315	16.00	2.67	86%	1002	102	144.00	9	24.00	840	0.01071
2006	03-Jul-2006	6	SCOOP 315	17.41	1.26	93%	1240	129	156.67	9	11.33	1,008	0.00893
2006	10-Jul-2006	7	SCOOP 315	82.25	1.75	98%	1470	155	164.50	2	3.50	1,176	0.00170
2006	17-Jul-2006	8	SCOOP 315	18.50	2.50	88%	1830	182	148.00	8	20.00	1,344	0.00595
2006	24-Jul-2006	9	SCOOP 315	21.19	2.81	88%	2240	209	148.33	7	19.67	1,512	0.00463
2006	31-Jul-2006	10	SCOOP 315	20.92	3.08	87%	2510	235	146.42	7	21.58	1,680	0.00417
2006	07-Aug-2006	11	SCOOP 315	16.85	4.15	80%	2800	268	134.83	8	33.17	1,848	0.00433
2006	14-Aug-2006	12	SCOOP 315	11.64	1.28	90%	3122	302	151.33	13	16.67	2,016	0.00645

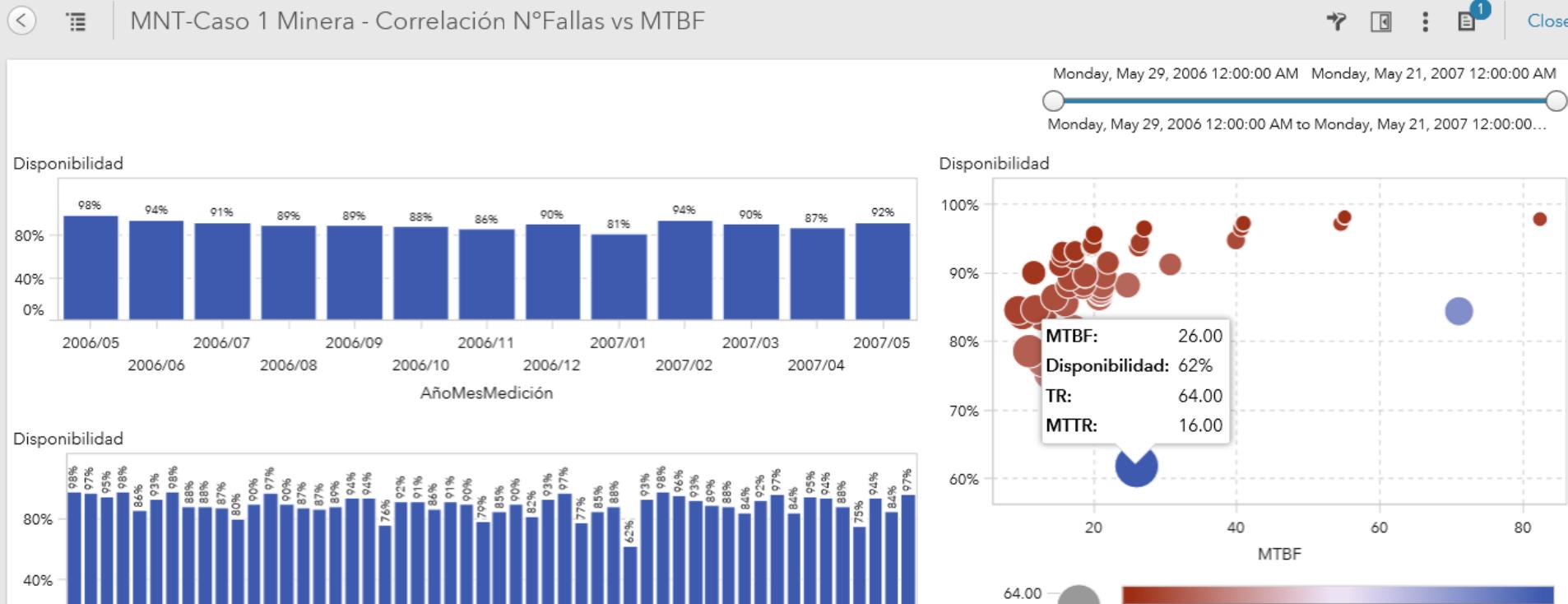
Aplicando la analítica predictiva usando el entorno de programación “SAS ® Visual Analytics” tenemos....

(\*) Solo se muestran una parte de los datos

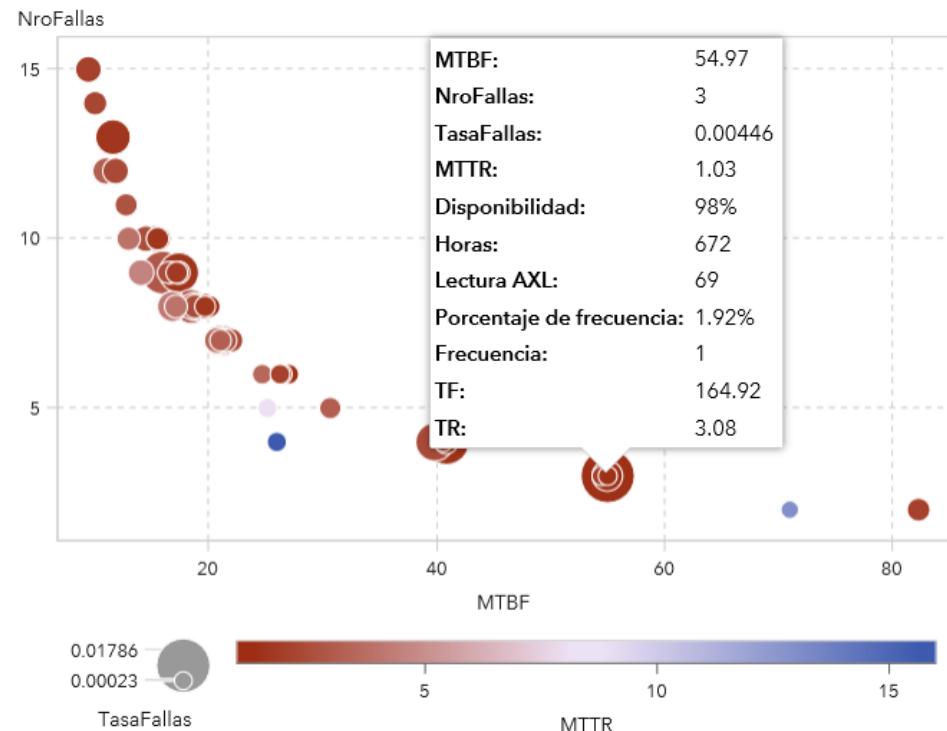
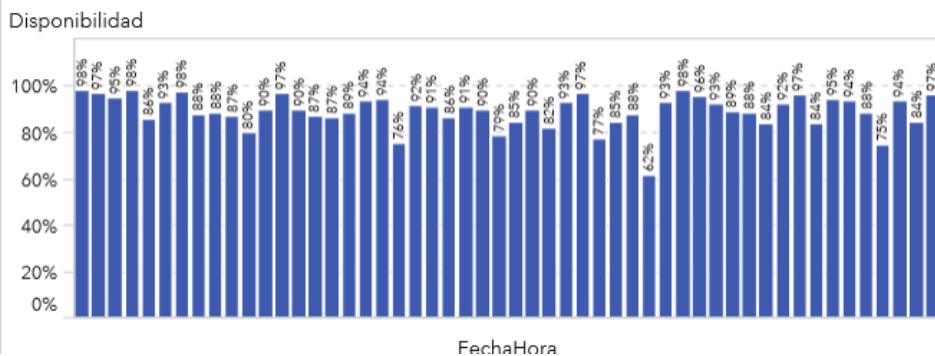
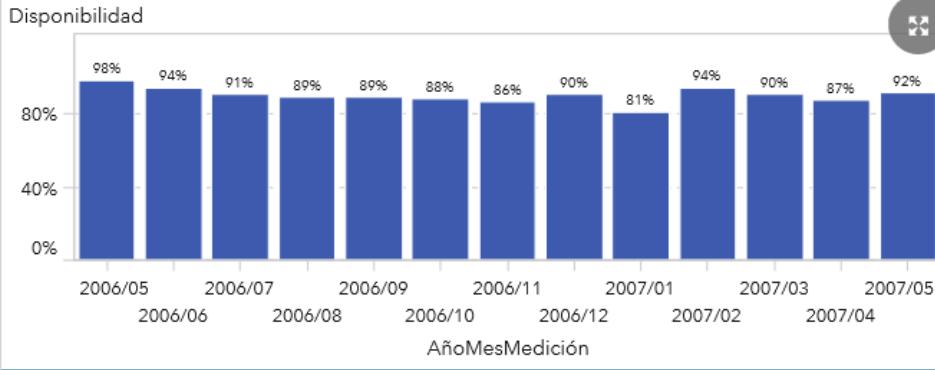


# EL EJEMPLO PERO CON BIG DATA Y ANALÍTICA...

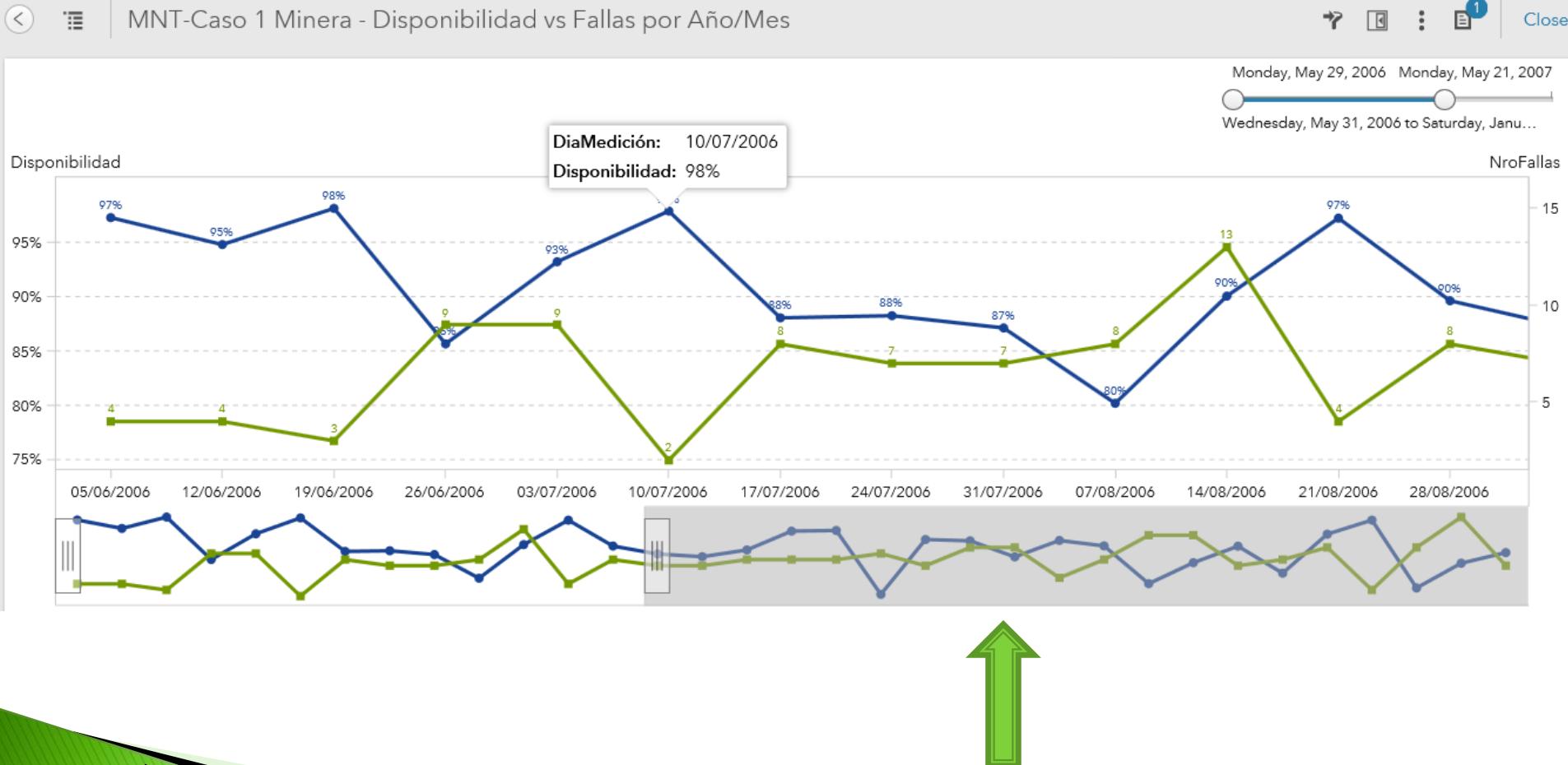
MNT-Caso 1 Minera - Correlación N°Fallas vs MTBF



# CON LOS SOFTWARES BASADO EN LA ANALITICA Y CON IoT, UN PUNTO TIENE MUCHOS DATOS DE INTERES....A DIFERENCIA DE CON EL EXCEL...



# SE AJUSTAN HASTA 55 MODELOS DE PREDICCIÓN RECOMENDÁNDOLE A UD, LA MEJOR PREDICCIÓN CON MUCHO TIEMPO DE ANTELACIÓN...



File Edit Data Visualization View Help Sign Out

MNT\_CASO1 MNERA | Search data

Category(2) Equipo 1  
FechaHora 52  
Measure (10)  
Disponibilidad  
Horas  
Horas AXL  
Lectura AXL  
MTBF  
MTTR  
NroFallas

Fit Summary Variable Importance  
Horas

Assessment D... 80%  
Predicted Average  
Observed Average

Residual Plot S... Predicted Value

Influence Plot Observ... Cook's D

Overall ANOVA Dimensions Fit Statistics Model ANOVA Type III Test Parameter Estimates

Source	Deg Freedom	Sum of Squares	Mean Square	FValue	Pr > F	R-Square
Model	1	0.006004	0.006004	1.188258	0.2809	0.023213
Error	50	0.252627	0.005053			

Roles Linear Regression Use Automatic Chart  
Data source: MNT\_CASO1 MNERA  
Response Disponibilidad  
Continuous Effects Horas  
Classification Effects Category  
Interaction Effects Create Interaction  
Group By Advanced Category  
Auto-update Update

# FACTORES DEL EXITO

The push toward real-time big data analytics is part of a much larger trend in which the machines we create act less like machines and more like human beings.

Dhiraj Rajaram, Founder and CEO of Mu-Sigma,

Para la aplicación efectiva de las técnicas de Analítica Predictiva se debe considerar,

- Que la Analítica de los grandes datos en tiempo real, es un proceso que involucra multiples herramientas y sistemas.
- Cuando hablamos de tiempo real, significamos la habilidad de procesar los datos como ellos arriban, mas que almacenarlos y recuperarlos en algun punto del futuro.
- Crear una cultura de análisis y toma de decisiones basada en los datos, no en la intuición o en la autoridad



- Establecer un contexto de colaboración y comunicación entre IT, el negocio y entre mantenimiento, operarios y la ingeniería de confiabilidad
- Desarrollar el talento analítico y la formación en las diferentes herramientas de consulta y análisis de los usuarios
- Requiere combinar y analizar datos de forma que tome la acción correcta, en el tiempo correcto y en el lugar correcto.

“The creation of analytics and the consumption of analytics are two different things.

You need processes for translating the analytics into good decisions. Right now, everyone thinks that analytics technology is sexy. But the real challenge isn't transforming the technology — the real challenge is transforming the people and the processes. That's the hard part.”

# FIN DE LA PRESENTACION



## Contacto

O. Aguilar, Ph.D Ing. Fisica

Email: [diaman.consulting@gmail.com](mailto:diaman.consulting@gmail.com)

SKYPE: [diaman.consulting](#)

Canal - YouTube: [diamanconsulting](#)

<http://diaman-consulting-services.simplesite.com>