

Uso de nuevas técnicas para el análisis del comportamiento de presas

Miguel Ángel Toledo

Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

SERPA – Investigación en Seguridad de Presas



POLITÉCNICA



serpa 

Investigación en seguridad
de presas y aliviaderos

GRUPO DE HIDROINFORMÁTICA
Y GESTIÓN DEL AGUA

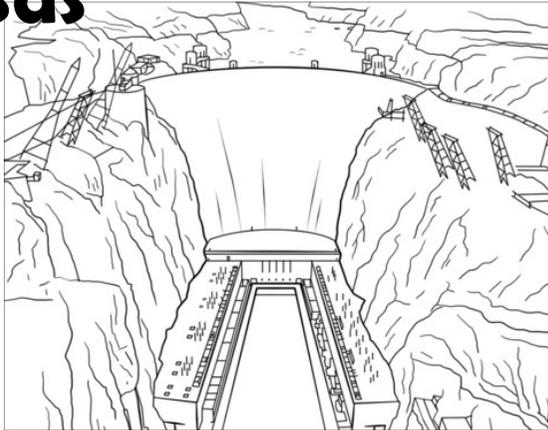
Modelos de datos: Miguel Ángel Fernández
y Eduardo Conde

2º Taller Hispano – Argentino de Seguridad de Presas



~~Uso de nuevas técnicas~~ ^{viejas} para ^{un nuevo} análisis del comportamiento de presas

Presas

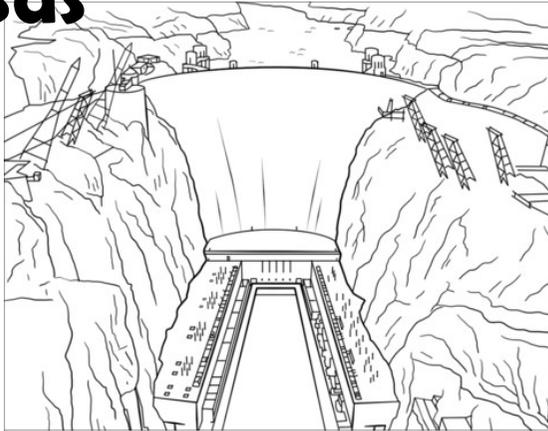


IA



~~Uso de nuevas técnicas~~ ^{viejas} para el análisis del comportamiento de presas ^{un nuevo}

Presas



IA



Pioneros...



A machine learning based methodology for anomaly detection in dam behaviour



Fernando Salazar

Advisors:
Eugenio Oñate
Miguel Ángel Toledo

February 2017

A machine learning based methodology for anomaly detection in dam behaviour

An empirical comparison of machine learning techniques for dam behaviour modelling

F. Salazar^{1,*}, M.A. Toledo^{2,*}, E. Oñate^{1,*}, R. Morán^{2,*}



Fernando Salazar

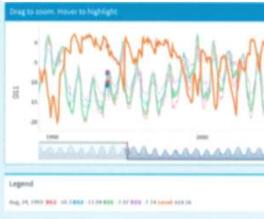
Advisors:
Eugenio Oñate
Miguel Ángel Toledo

February 2017

A machine learning based methodology for anomaly detection in dam behaviour

An empirical comparison of machine learning techniques for dam behaviour modelling

F. Salazar^{1,*}, M.A. Toledo^{2,*}, E. Oñate^{1,*}, R. Morán^{2,*}



Interpretation of dam deformation and leakage with boosted regression trees

Fernando Salazar¹, Miguel Á. Toledo², Eugenio Oñate¹, Benjamín Suárez¹

Fe

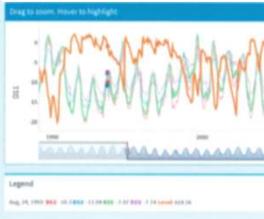
Advisors:
Eugenio Oñate
Miguel Ángel Toledo

February 2017

A machine learning based methodology for anomaly detection in dam behaviour

An empirical comparison of machine learning techniques for dam behaviour modelling

F. Salazar^{1,*}, M.A. Toledo^{2,*}, E. Oñate^{1,*}, R. Morán^{2,*}



Interpretation of dam deformation and leakage with boosted regression trees

Fernando Salazar¹, Miguel Á. Toledo², Eugenio Oñate¹, Benjamín Suárez¹

Fe

Advisors:
Eugenio Oñate
Miguel Ángel Toledo

February 2017

Data-based models for the prediction of dam behaviour

A review and some methodological considerations

Fernando Salazar · Rafael Morán · Miguel Á. Toledo · Eugenio Oñate

Presas más seguras

1

Modelo y realidad

Presas más seguras

1

Modelo y realidad

2

Comprender mejor

Presas más seguras

1

Modelo y realidad

2

Comprender mejor

3

Detección temprana

Presas más seguras

1

Modelo y realidad

2

Comprender mejor

3

Detección temprana

A

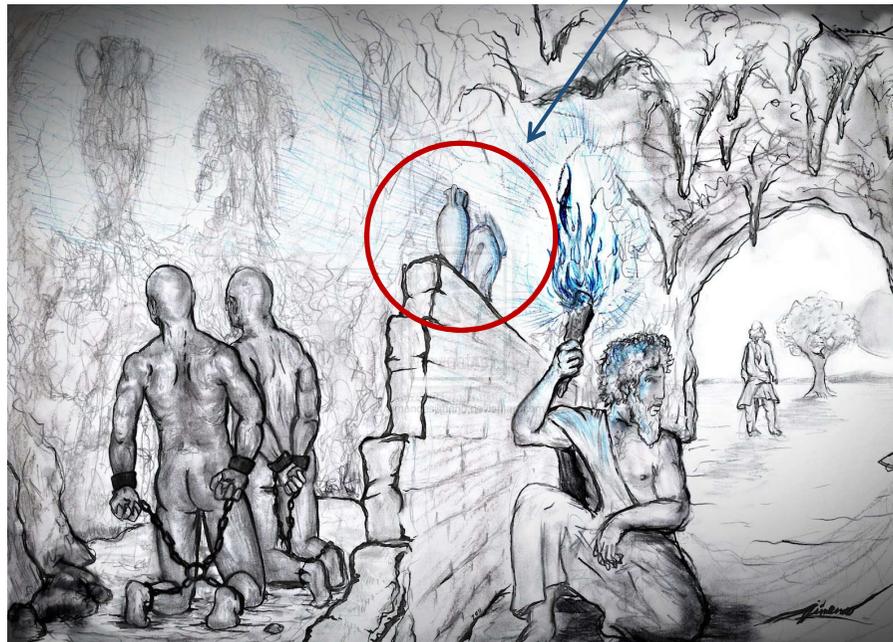
¿Dónde estamos?

1 Modelo y realidad

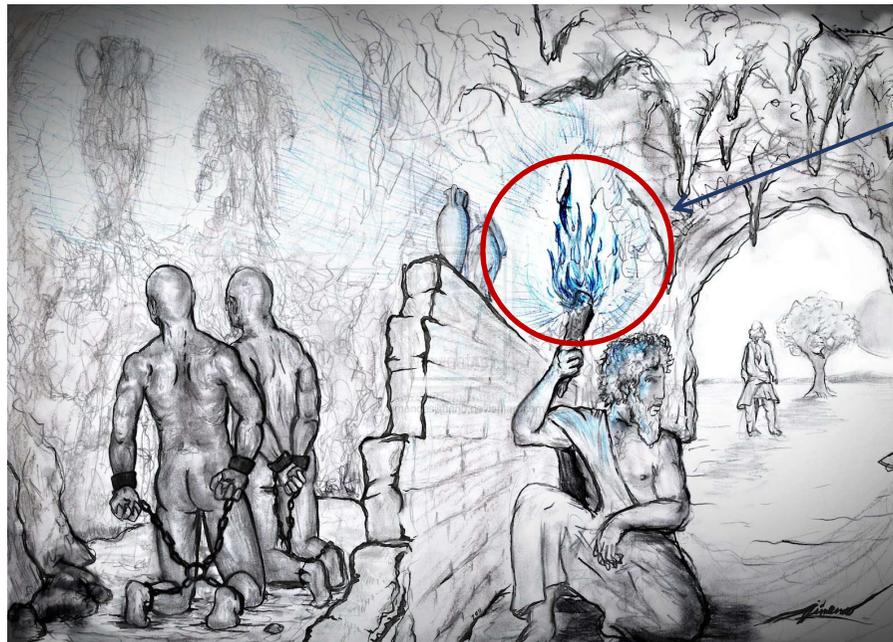


1 Modelo y realidad

Comportamiento real
de la presa



1 Modelo y realidad



Sistema de auscultación

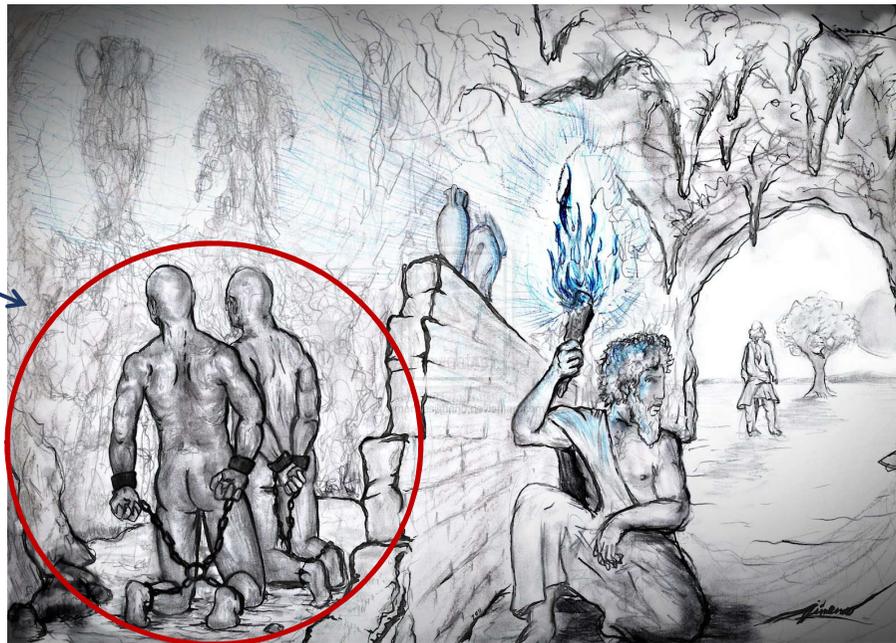
1 Modelo y realidad

Datos de auscultación

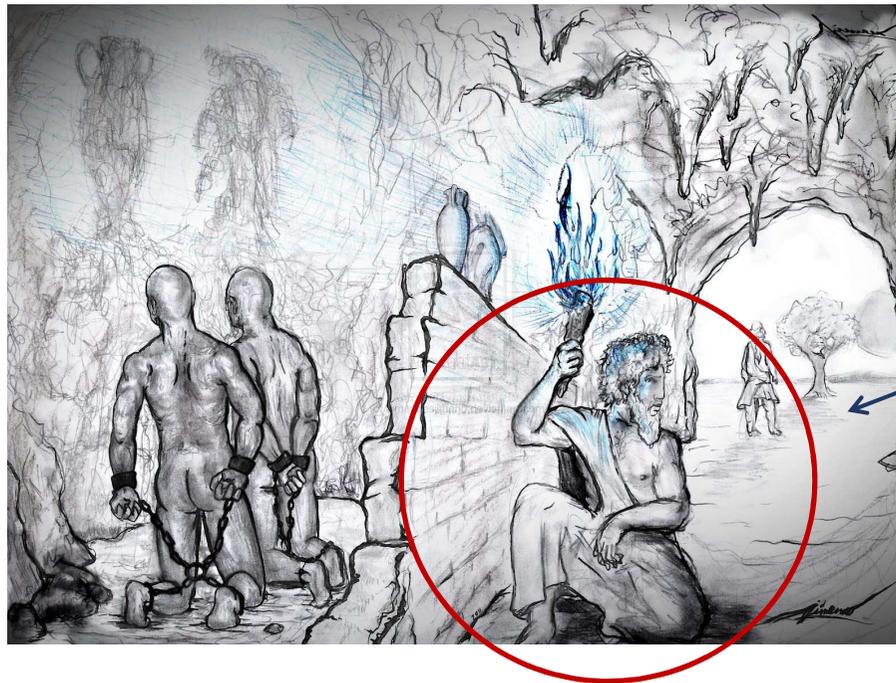


1 Modelo y realidad

Expertos analistas



1 Modelo y realidad



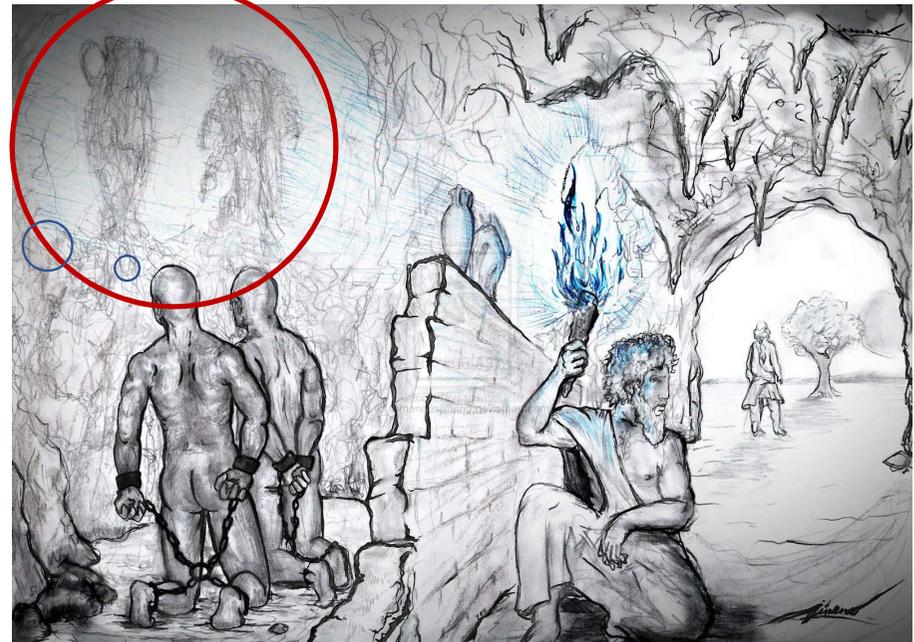
1 Modelo y realidad



?

1 Modelo y realidad

Comportamiento sano



1 Modelo y realidad

Comportamiento sano





1 Modelo y realidad

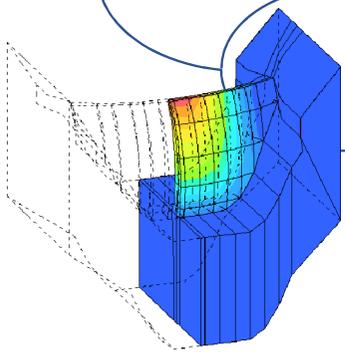
Comportamiento sano





1 Modelo y realidad

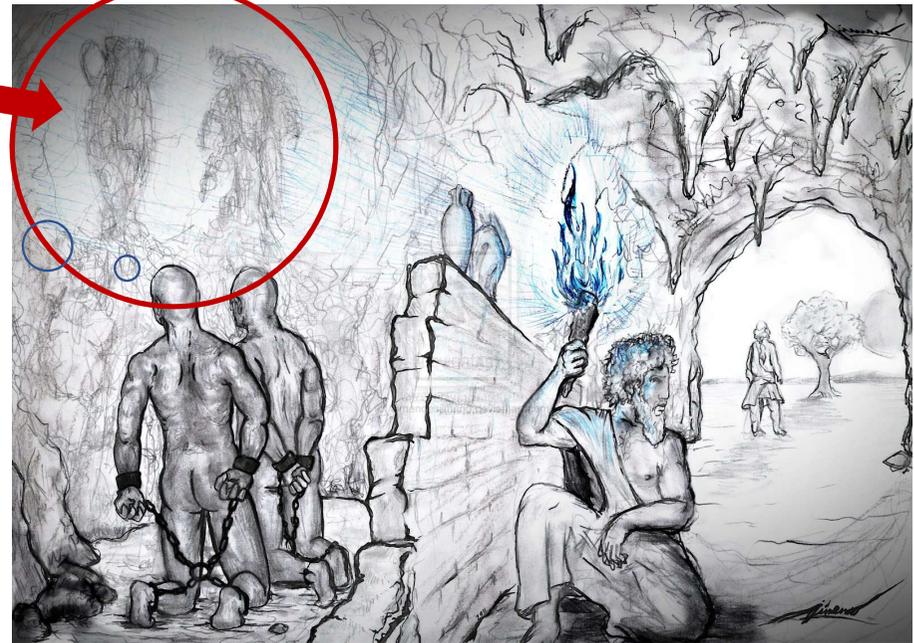
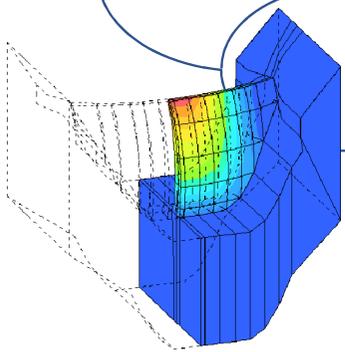
Comportamiento sano



1 Modelo y realidad



Comportamiento sano





Evolución temporal

Inercias

Cimiento complejo

1 Modelo y realidad

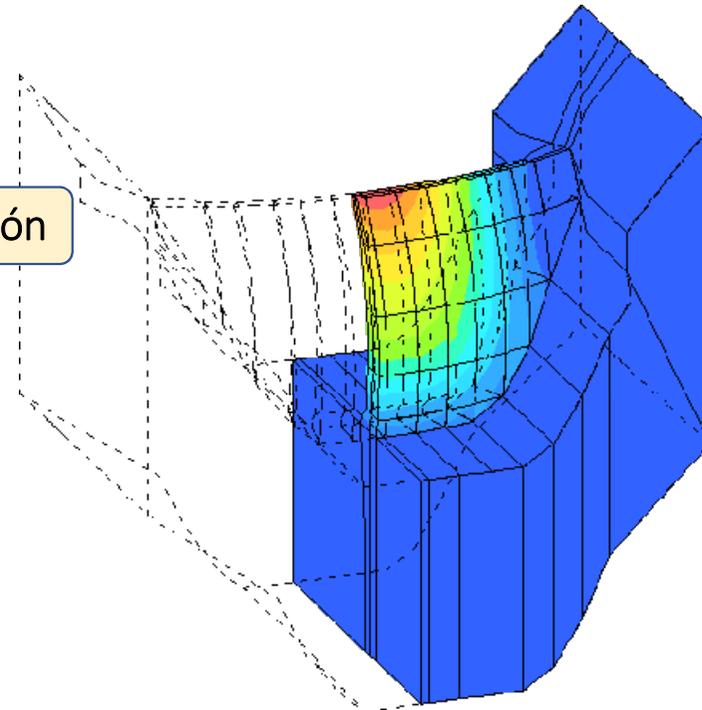
1 Modelo y realidad

El conjunto presa-cimiento es un sistema complejo

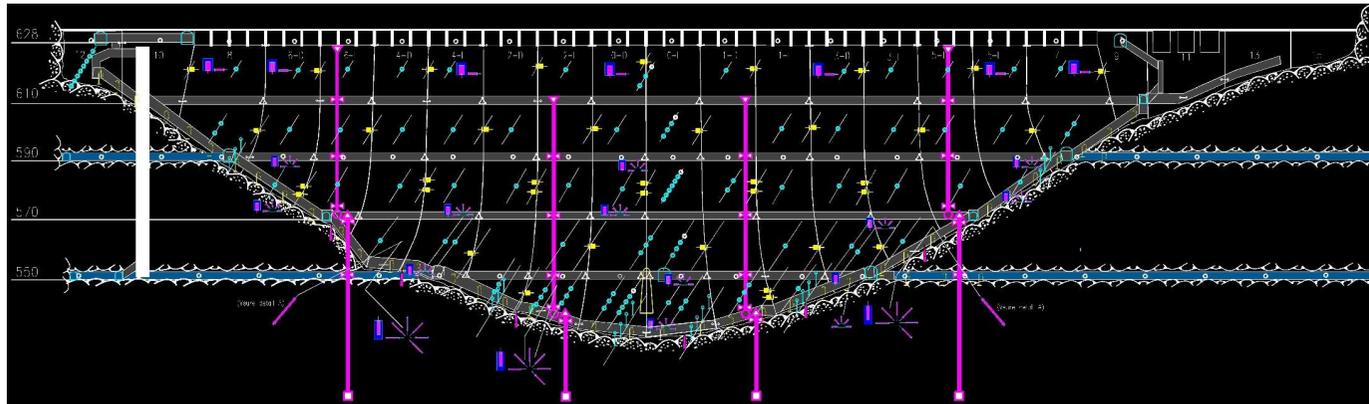


Los modelos de base física simplifican la realidad

...pero permiten simular cualquier situación



El comportamiento real está en los datos...



...pero los modelos de datos son ineficaces fuera de rango

...y los datos tienen imprecisiones y ruido

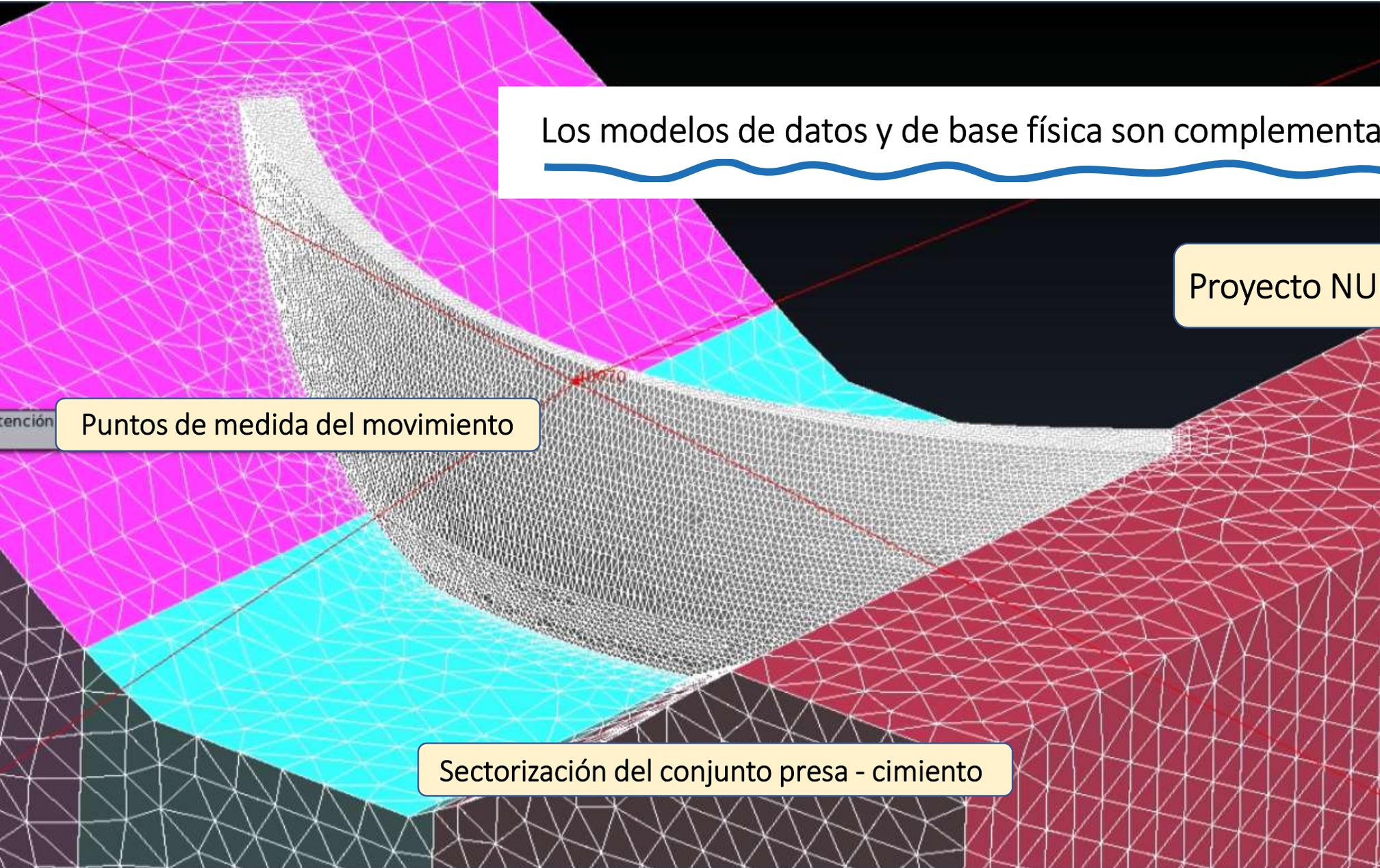
Los modelos de datos y de base física son complementarios

Proyecto NUMA

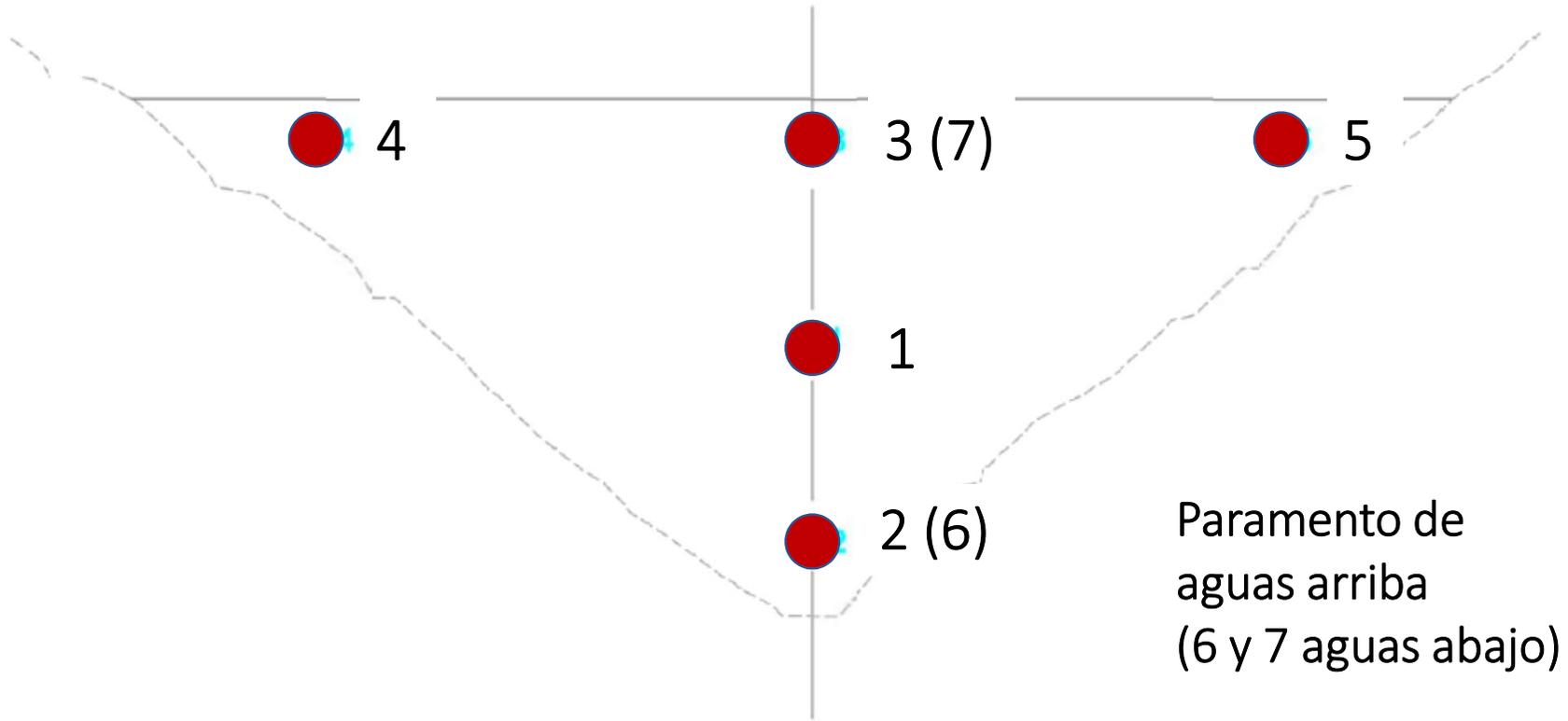
Puntos de medida del movimiento

Sectorización del conjunto presa - cimiento

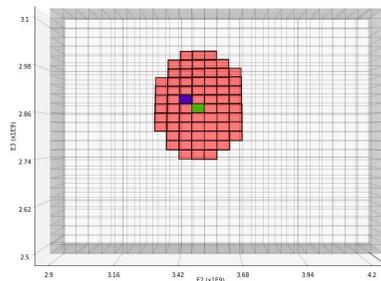
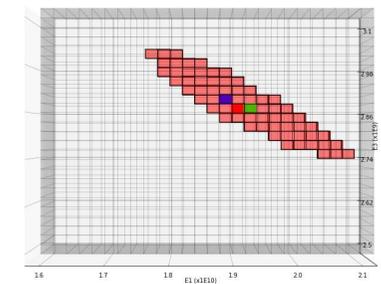
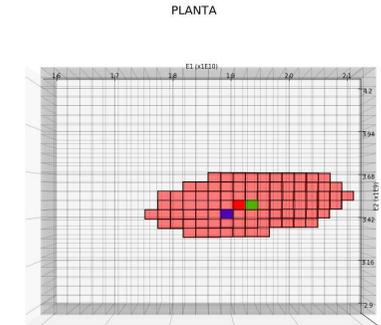
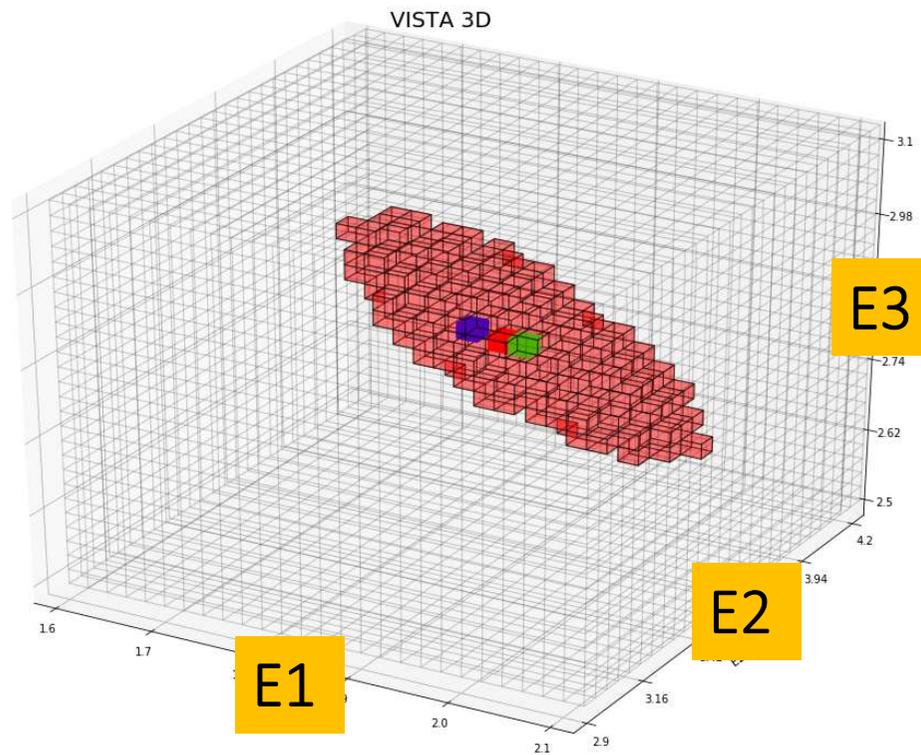
atención

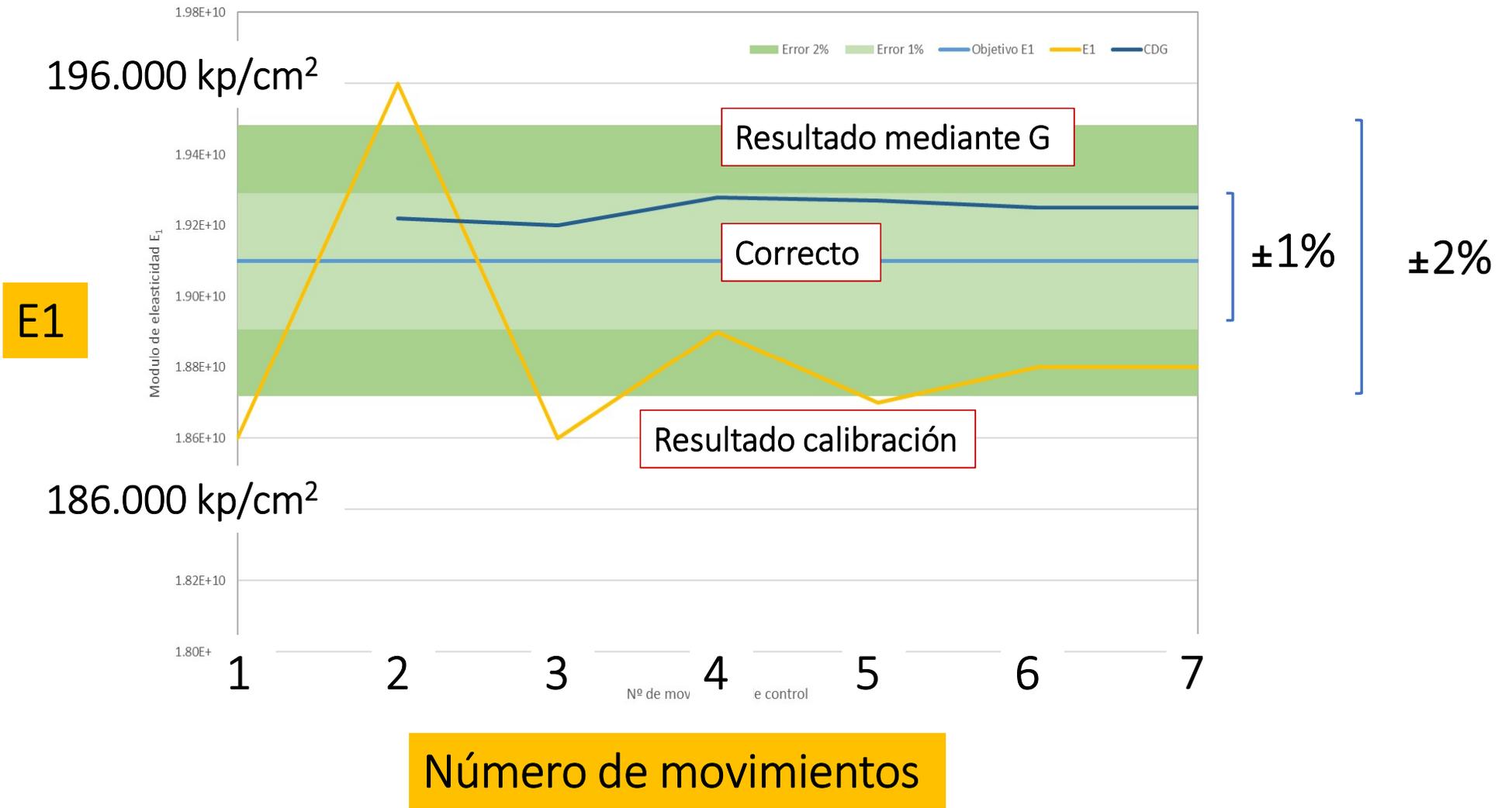


Puntos de control de movimientos



El algoritmo NUMA permite un modelo más complejo y ajustado, y así más útil

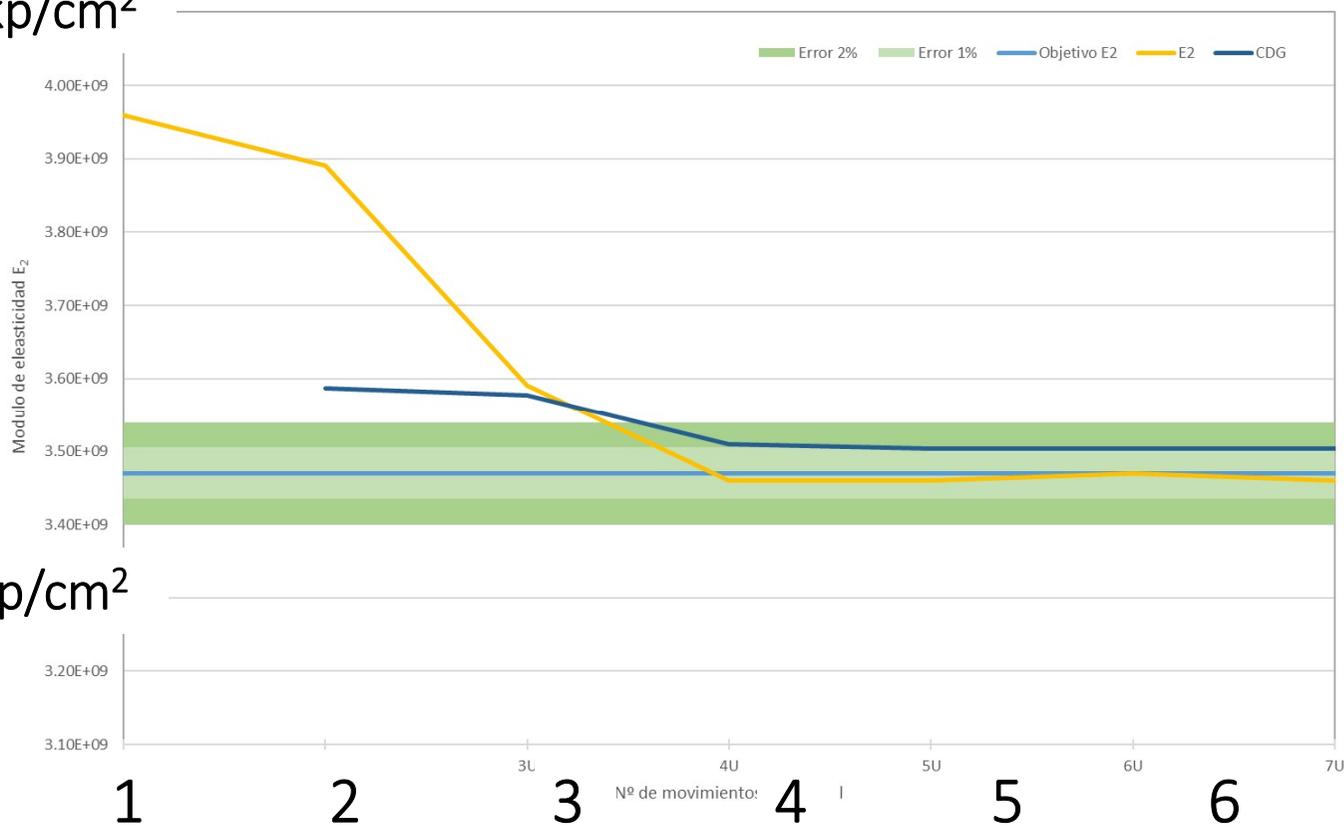




41.000 kp/cm²

E2

33.000 kp/cm²



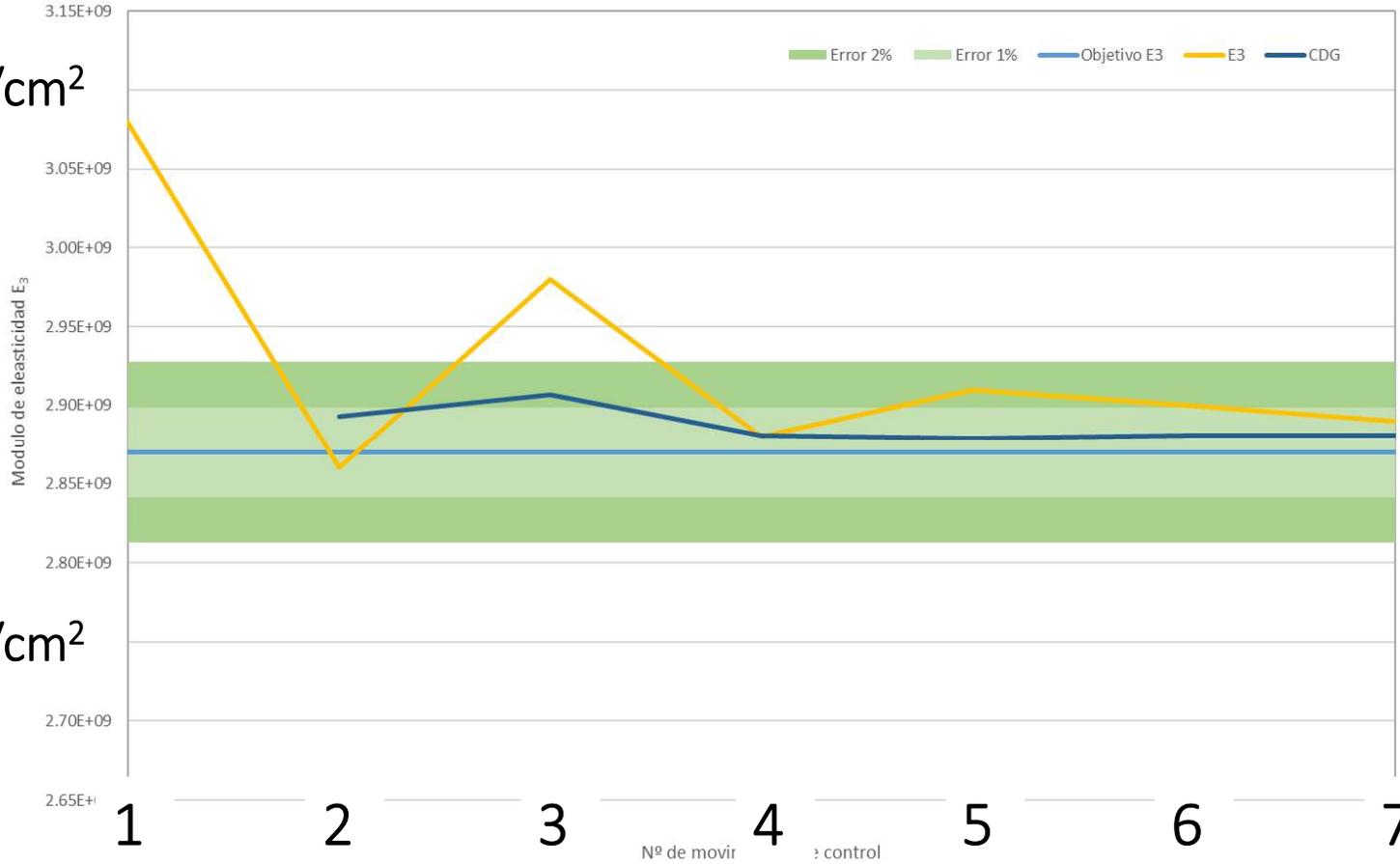
] ±1%] ±2%

Número de movimientos

31.000 kp/cm²

E3

27.500 kp/cm²



±1%

±2%

Número de movimientos

Con buenos datos y algoritmos de calibración

...los modelos de base física se aproximan más...

...al comportamiento real de las presas

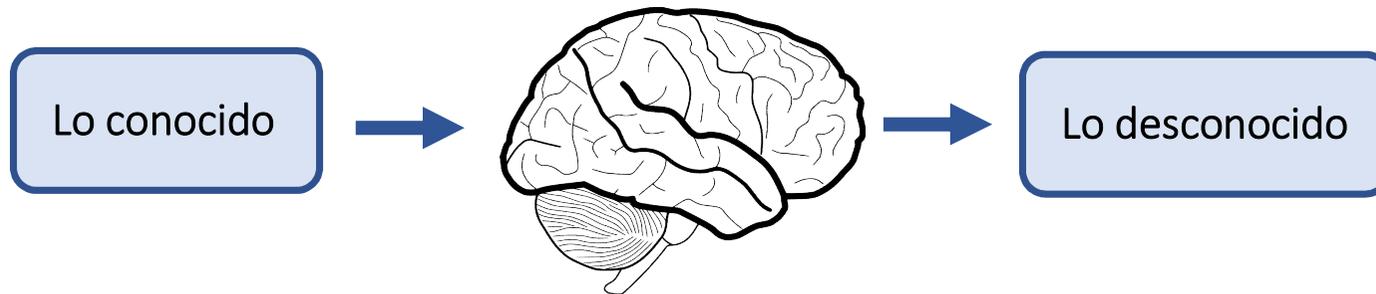


② Comprender mejor

...para hacer las presas más seguras

La Inteligencia Artificial nos ayuda a comprender...

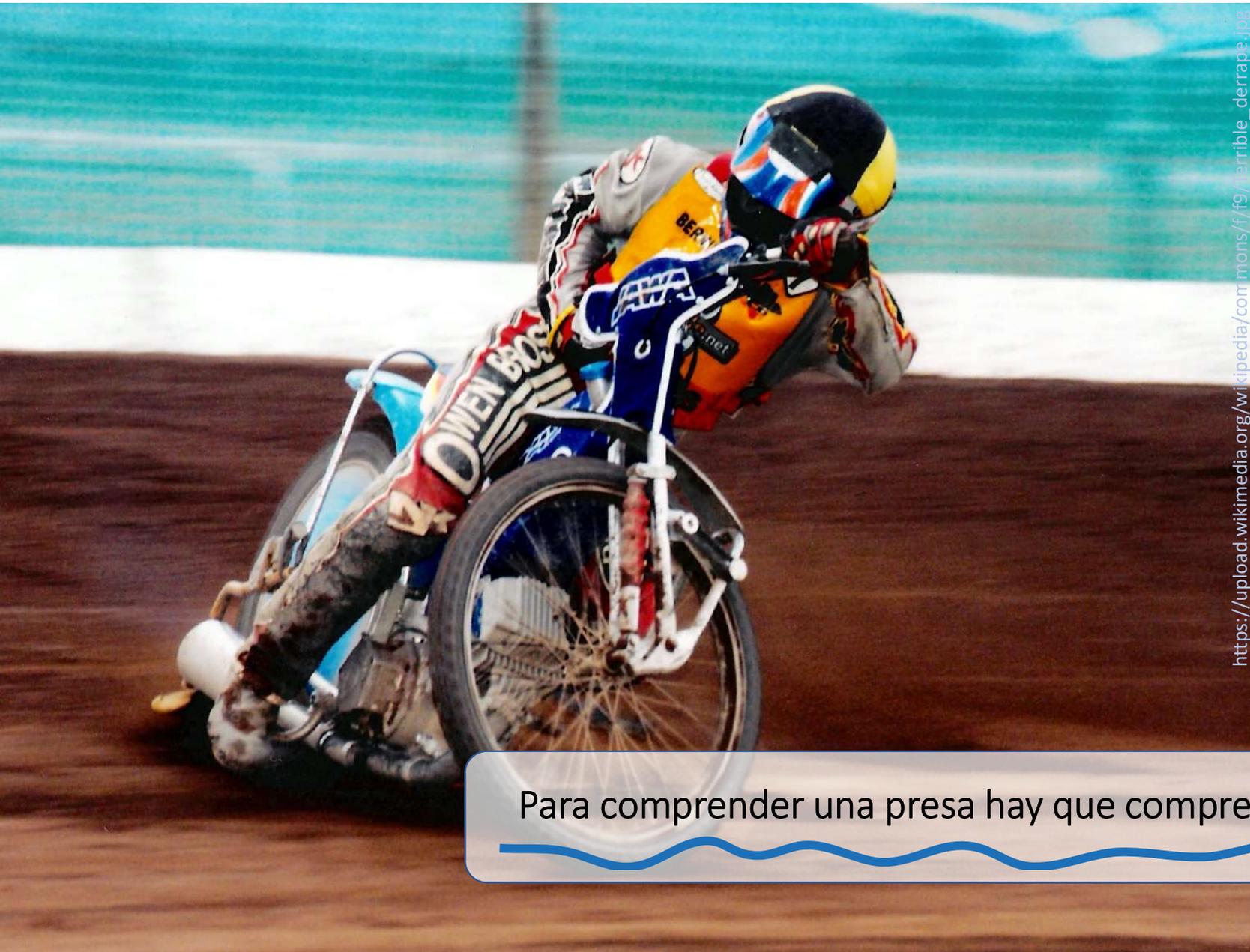
...fue inventada para abordar la comprensión y simulación de sistemas complejos



Los modelos se entrenan con una parte de los datos disponibles...

...y se validan con otra parte de los datos

...así que siempre sabemos cómo de bien o mal funcionan

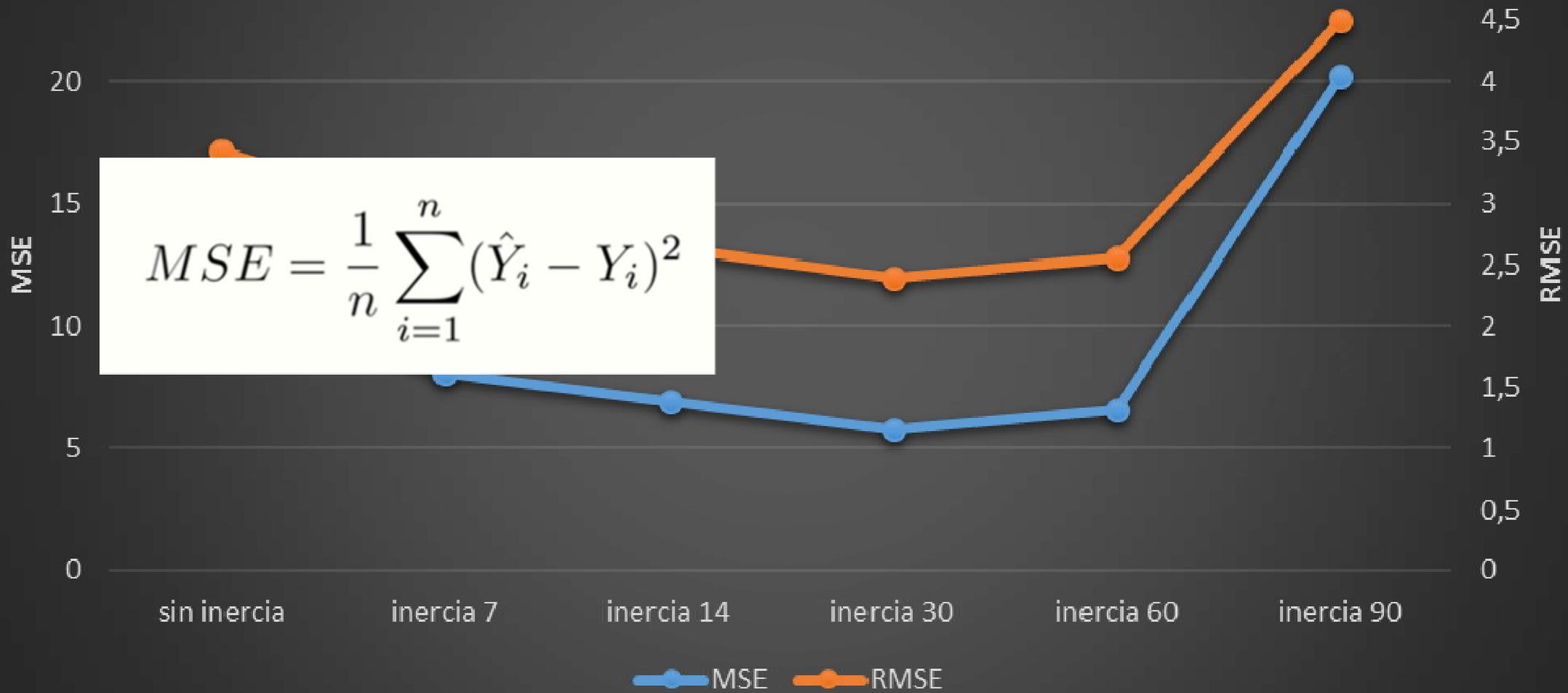


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/terrible_derrape.jpg

Para comprender una presa hay que comprender sus inercias

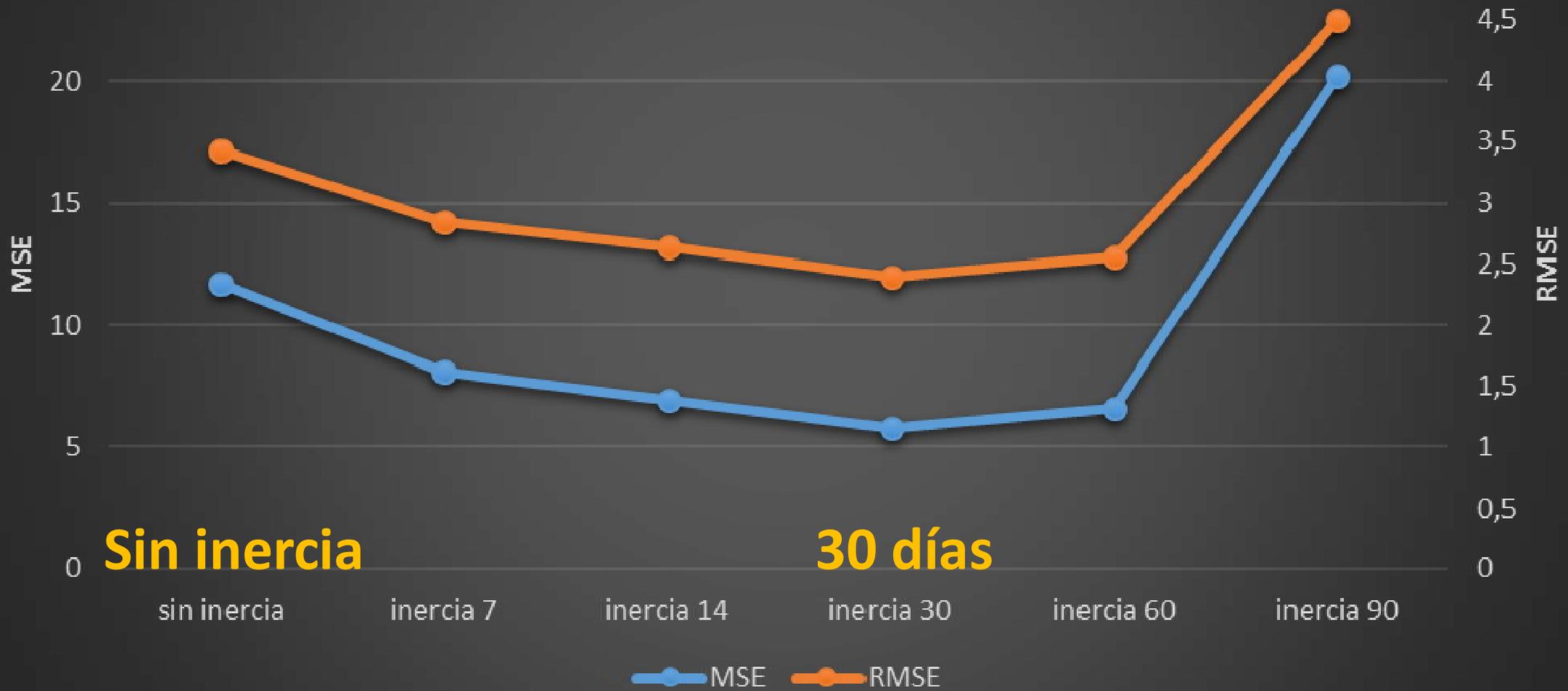
Inercia térmica de una presa arco

Arco-gravedad altura media



Inercia térmica de una presa arco

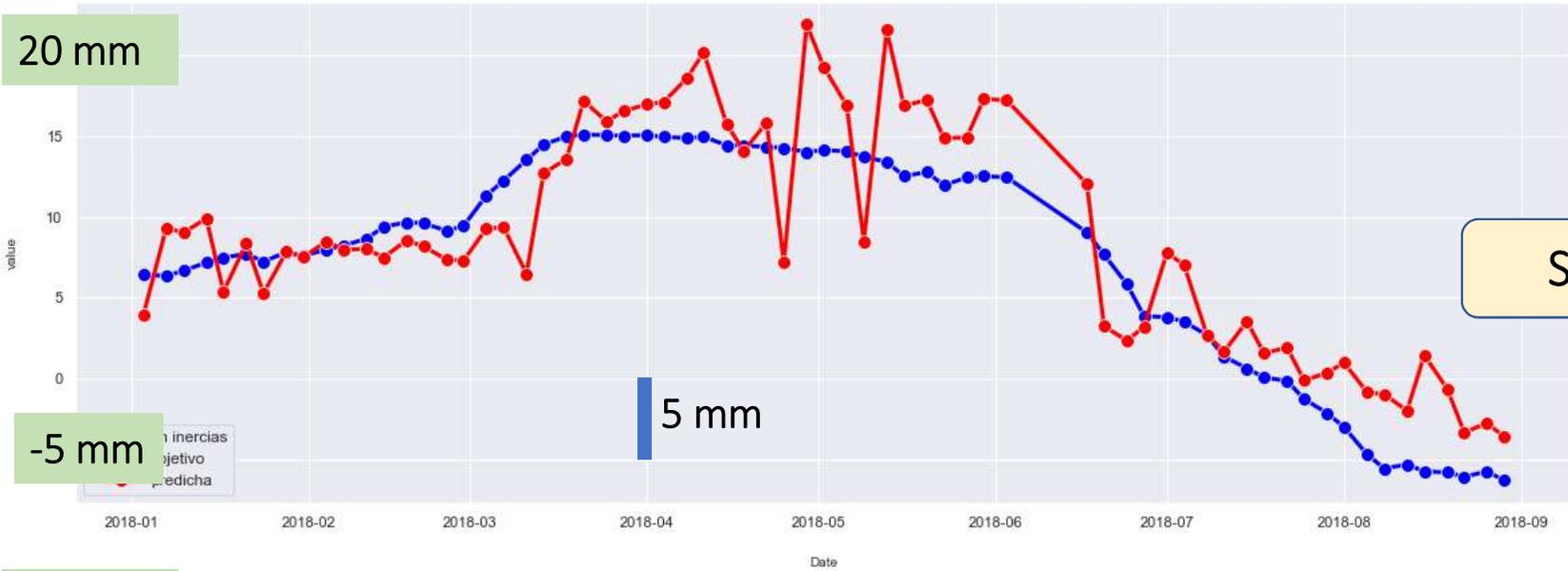
Arco-gravedad altura media



Arco-gravedad altura media

20 mm

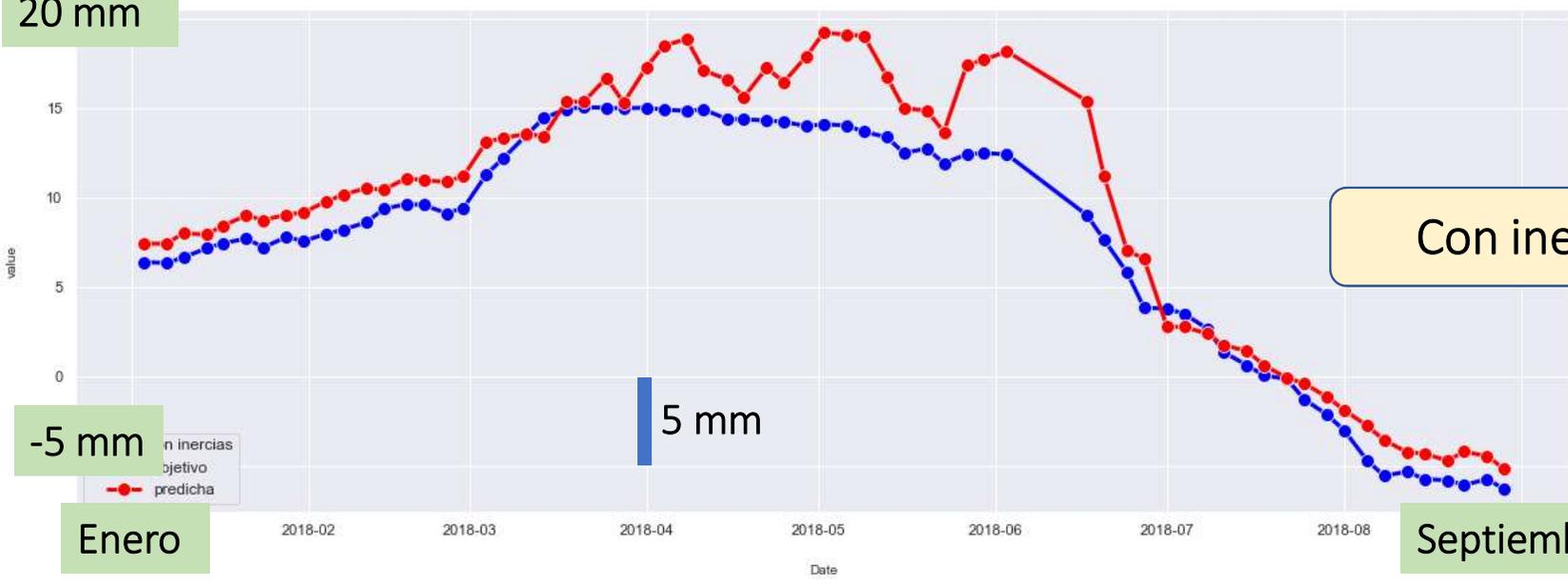
-5 mm



Sin inercia

20 mm

-5 mm



Con inercia a 30 días

Enero

Septiembre

La presa es un ser vivo



... que cambia con el tiempo



<https://www.publicdomainpictures.net/pictures/40000/nahled/baby-tiger.jpg>

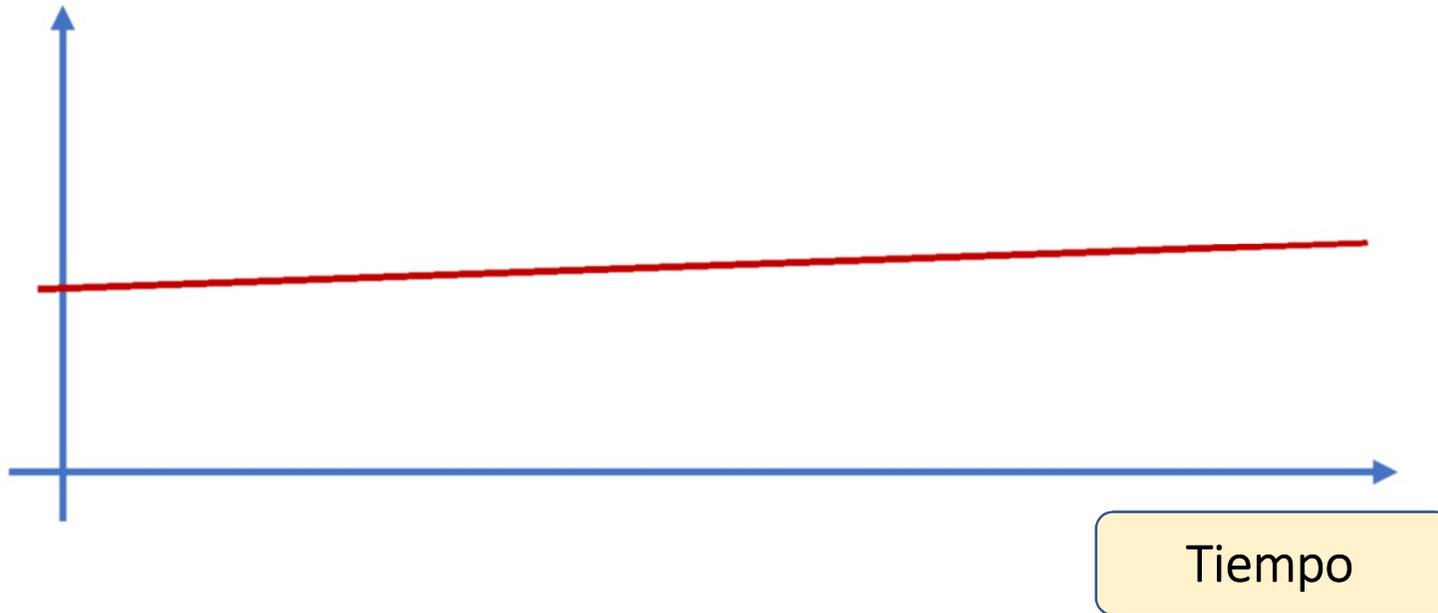
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Tigre.jpg>

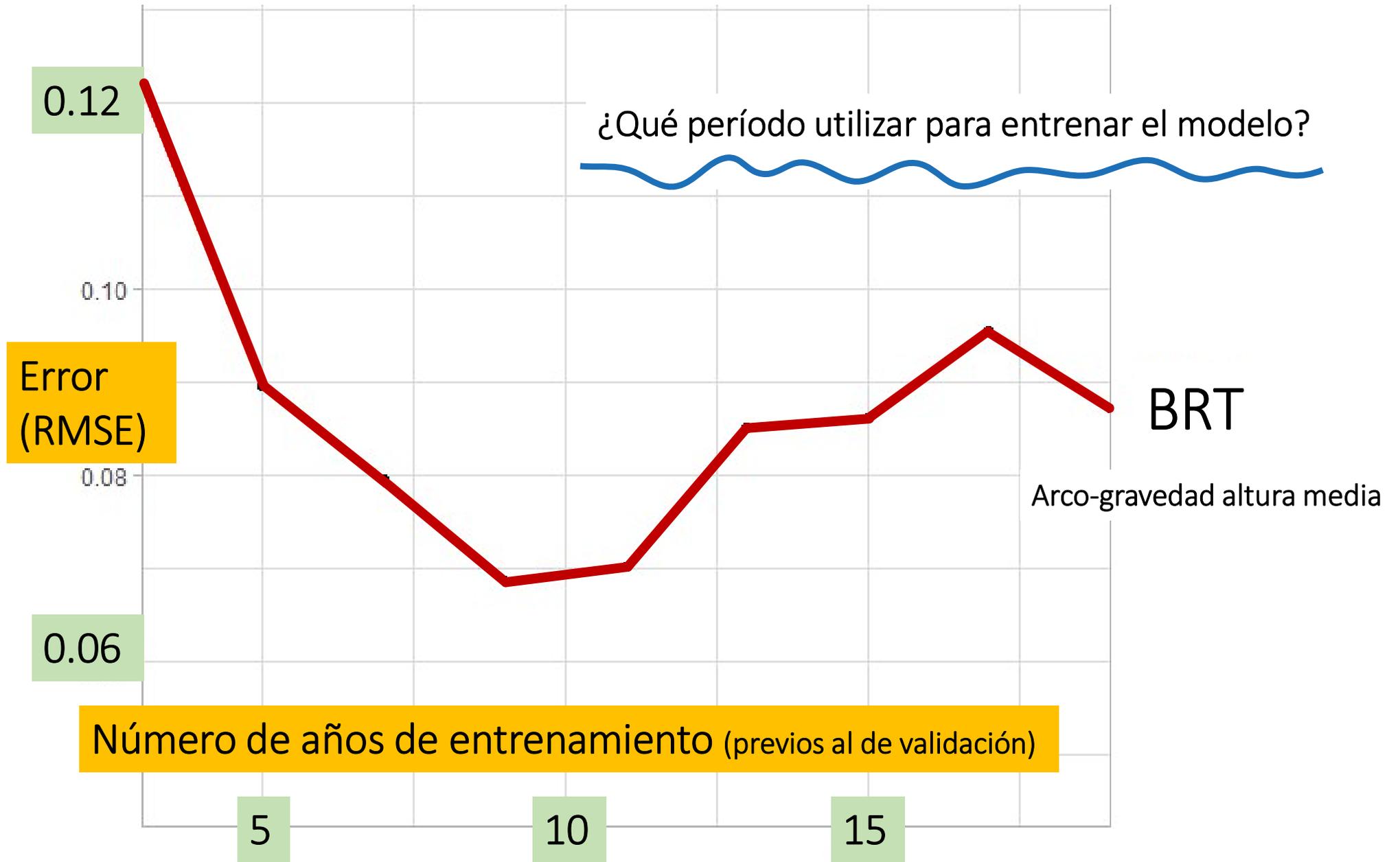


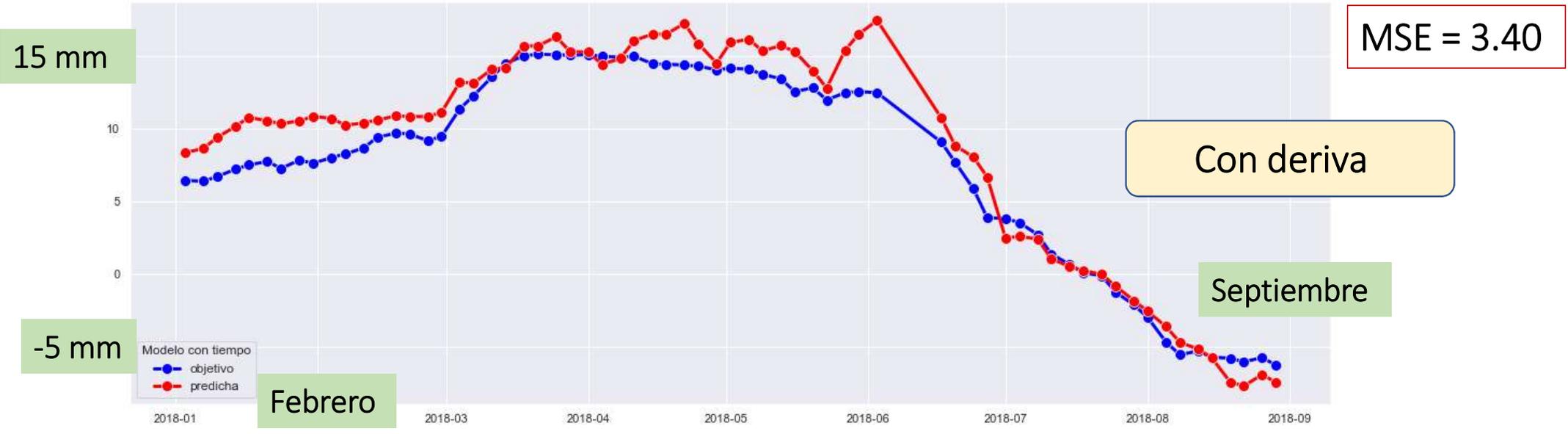
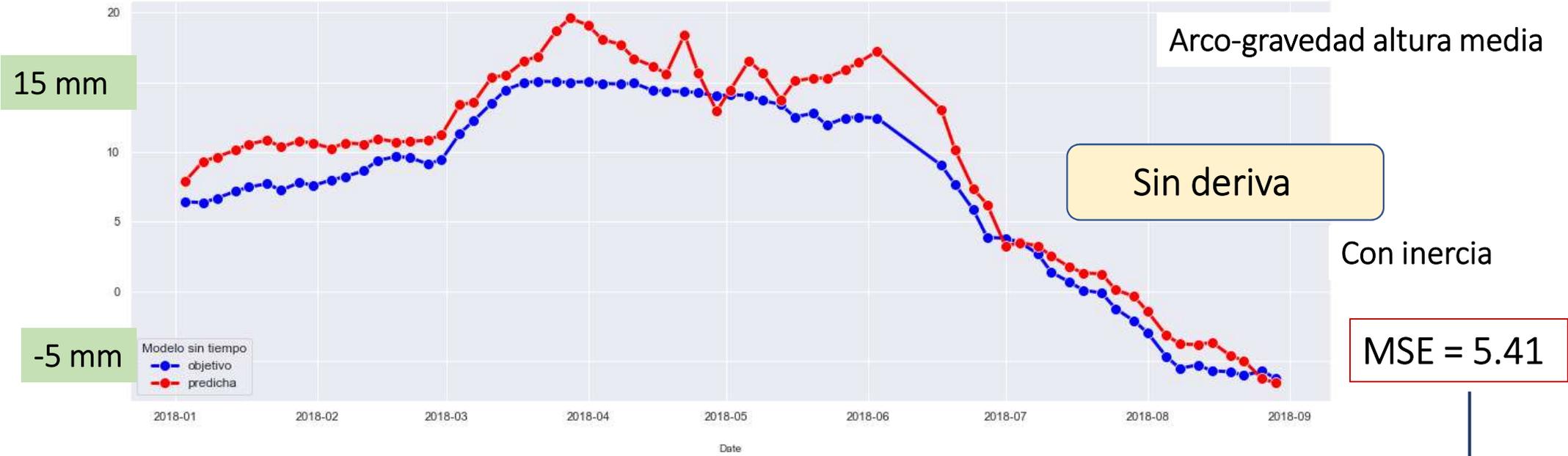


https://cdn.pixabay.com/photo/2016/01/08/15/53/tiger-1128493_960_720.jpg

¿Qué efecto tiene la deriva temporal?







¿A qué responde el comportamiento de la presa?



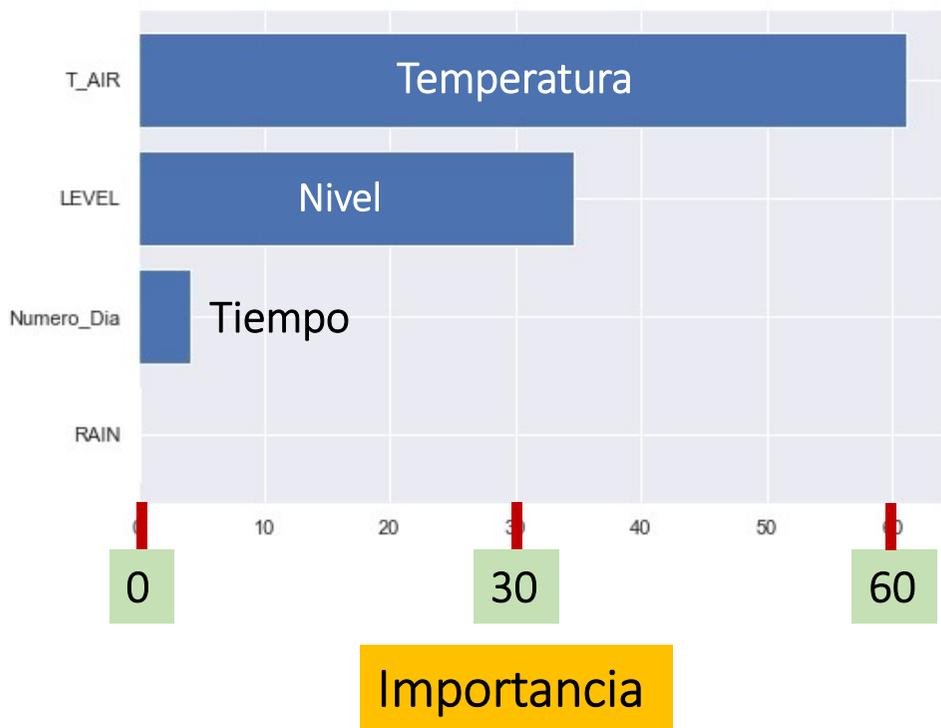
Fuente: Mingote, 2008

Bóveda alta

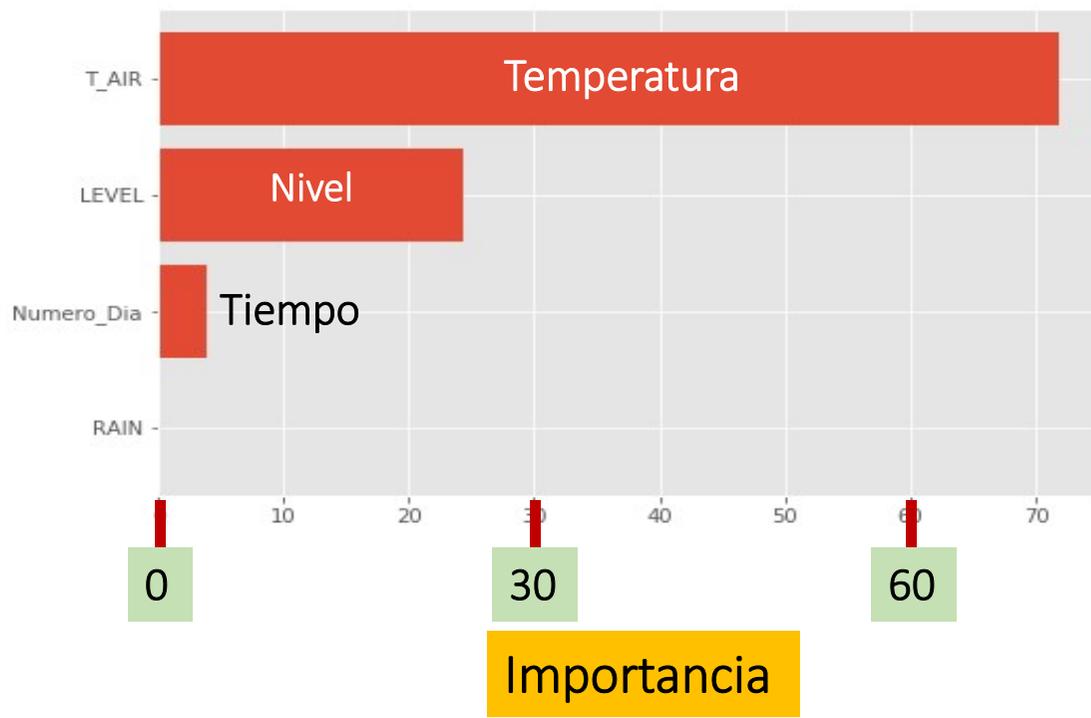


BRT

Bóveda alta



Arco-gravedad mediana



BRT

Entender ayuda a interpretar y decidir...



...y eso hace que la presa sea más segura



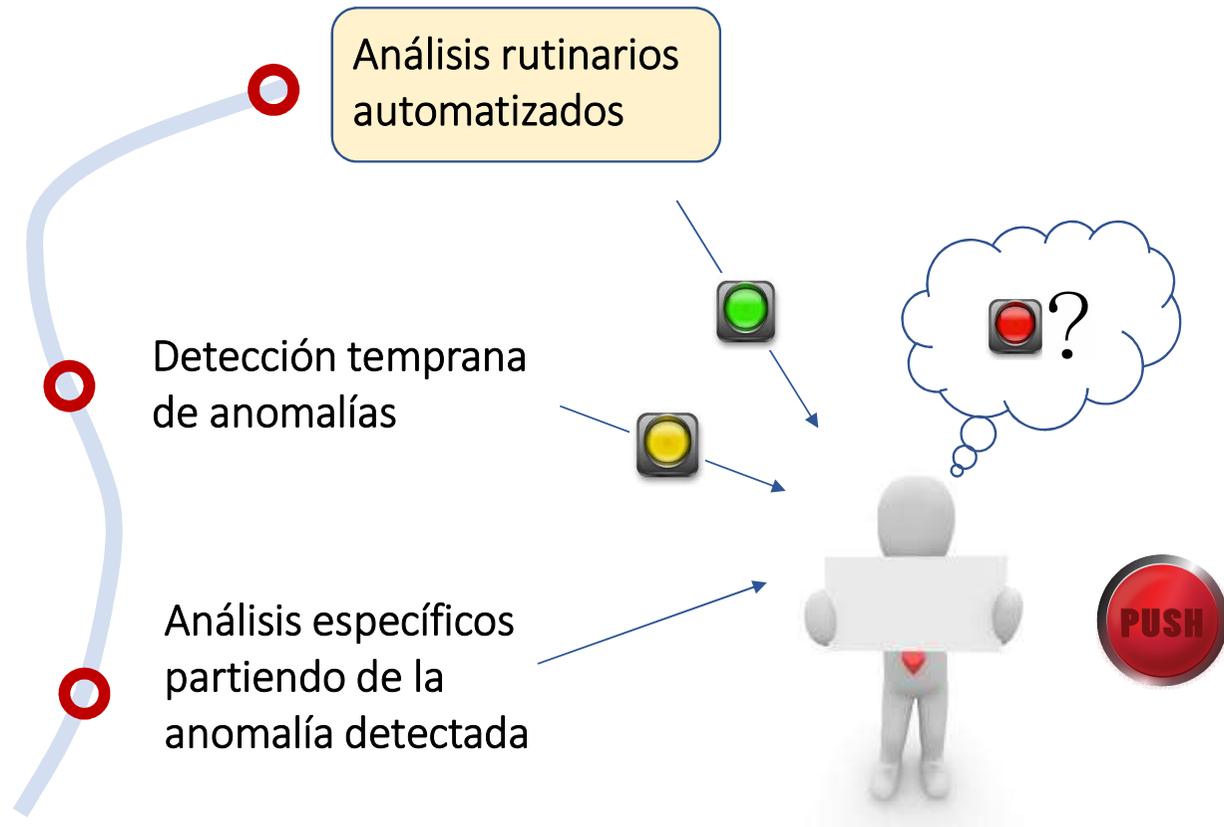
3 Detección temprana

Ante una situación de peligro...

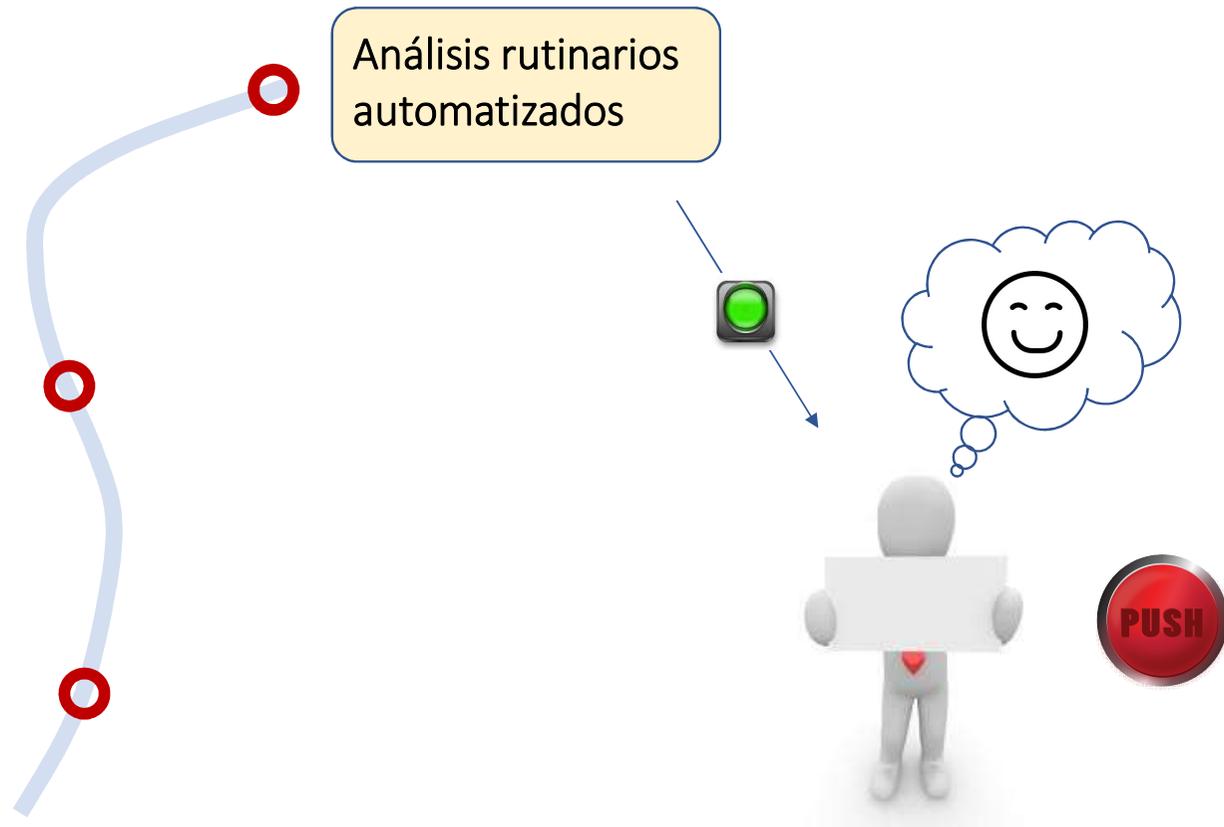
...el tiempo es seguridad



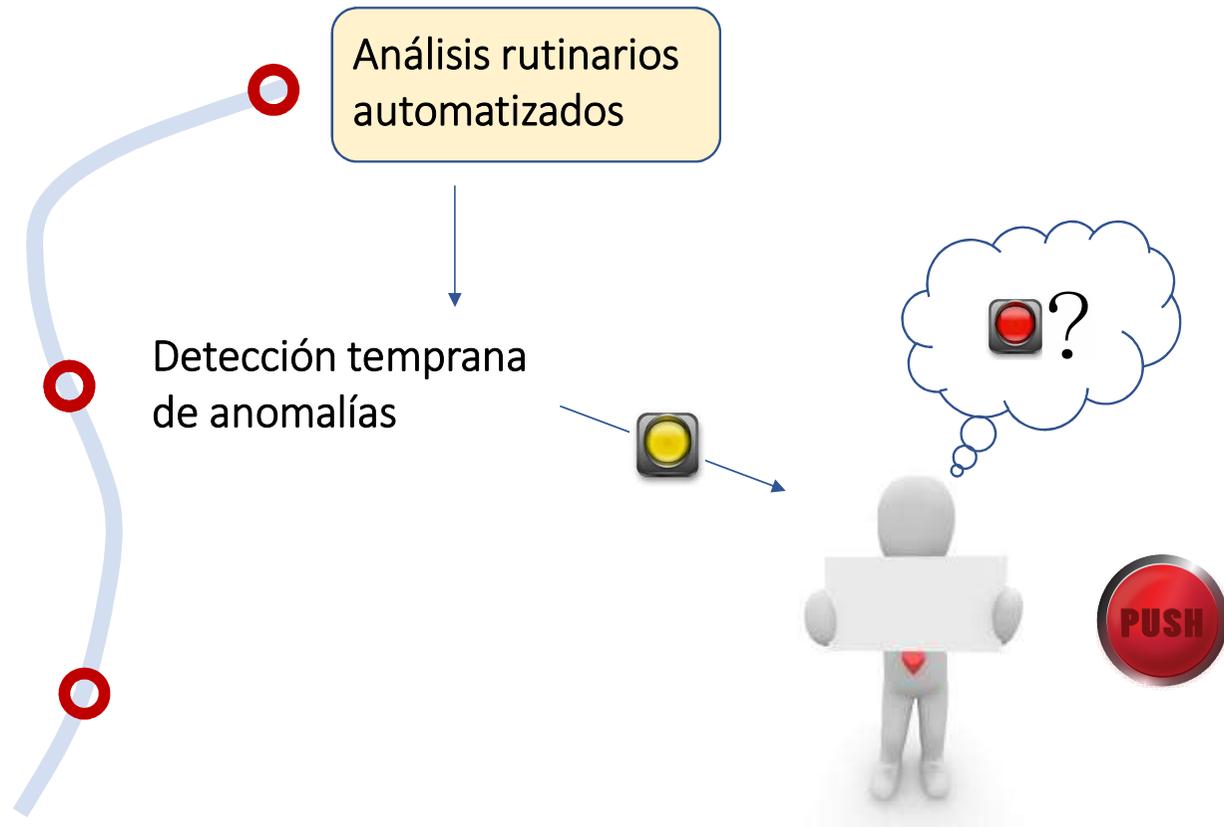
¿Aumentar la seguridad reduciendo el coste?



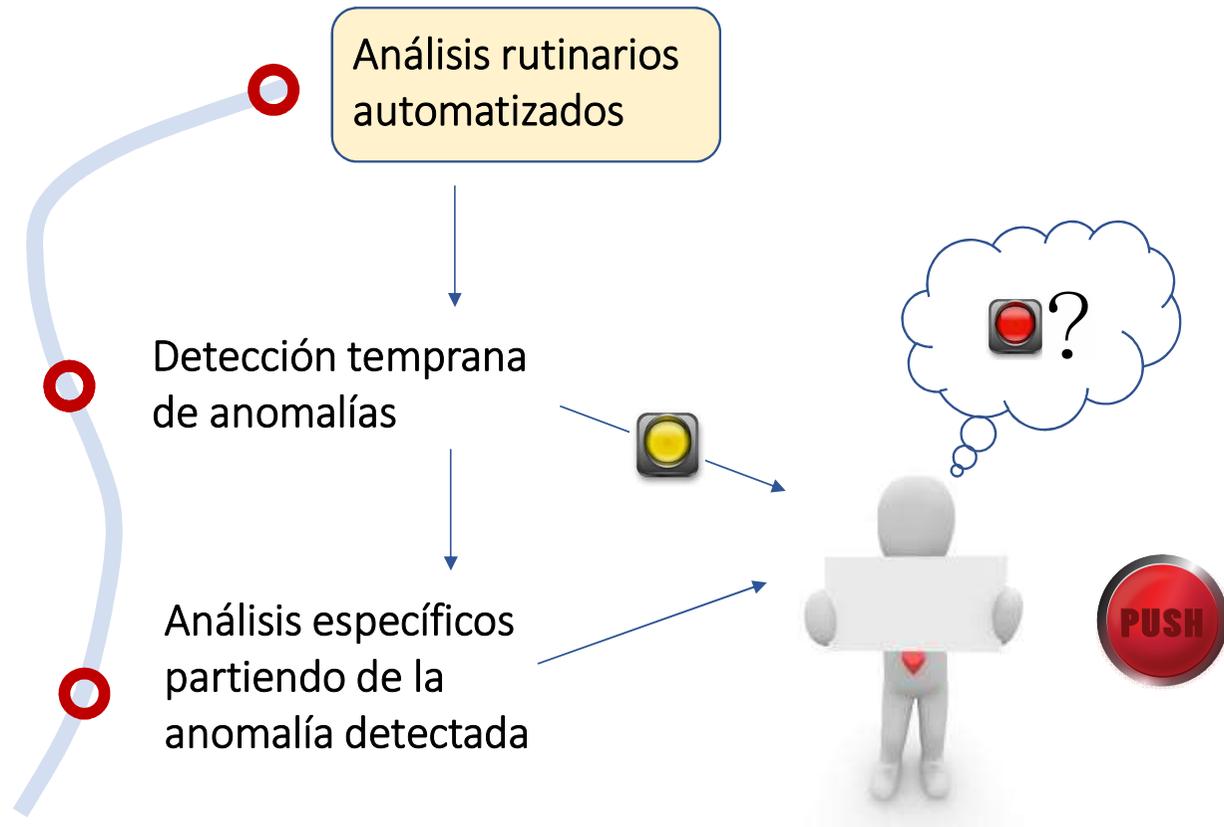
¿Aumentar la seguridad reduciendo el coste?



¿Aumentar la seguridad reduciendo el coste?



¿Aumentar la seguridad reduciendo el coste?



Economía

Ahorro de medios en análisis rutinarios

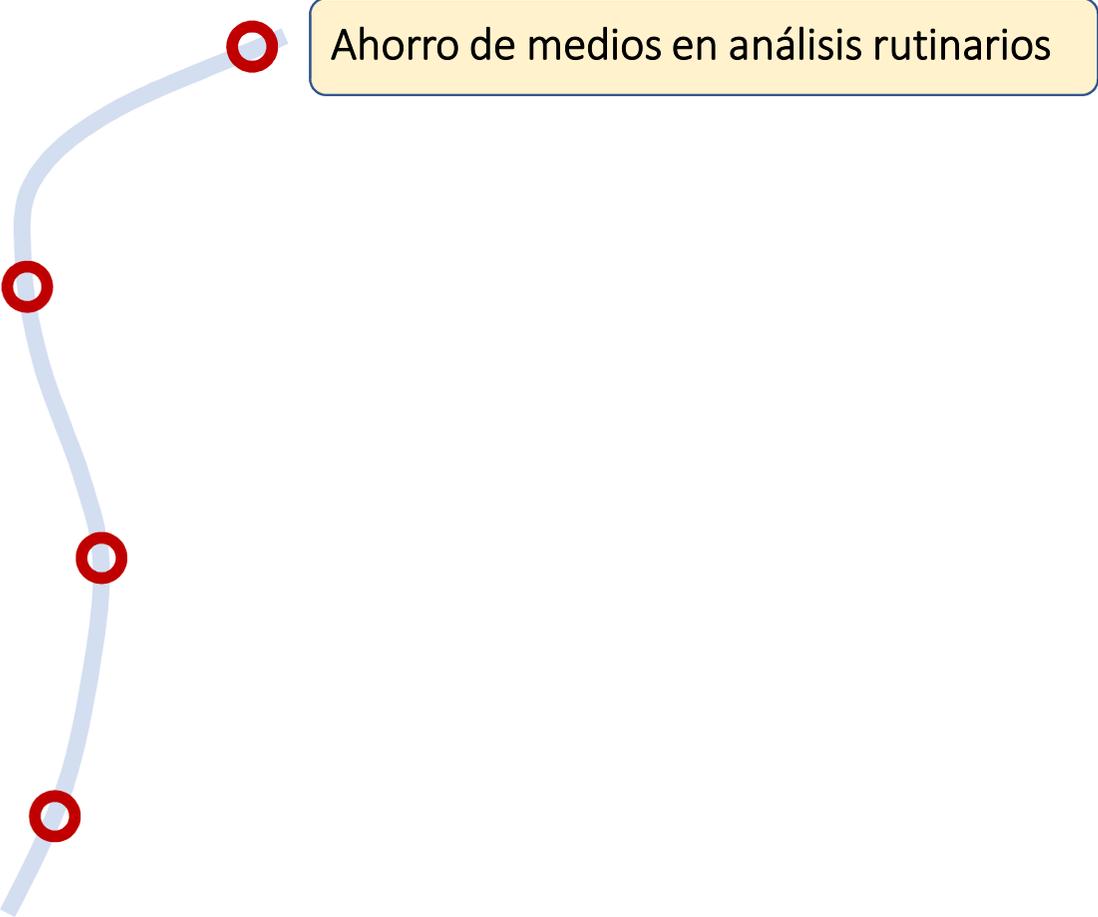
Atención enfocada a situaciones que realmente la requieren

Tiempo → Seguridad

Control intenso y continuo del comportamiento de la presa

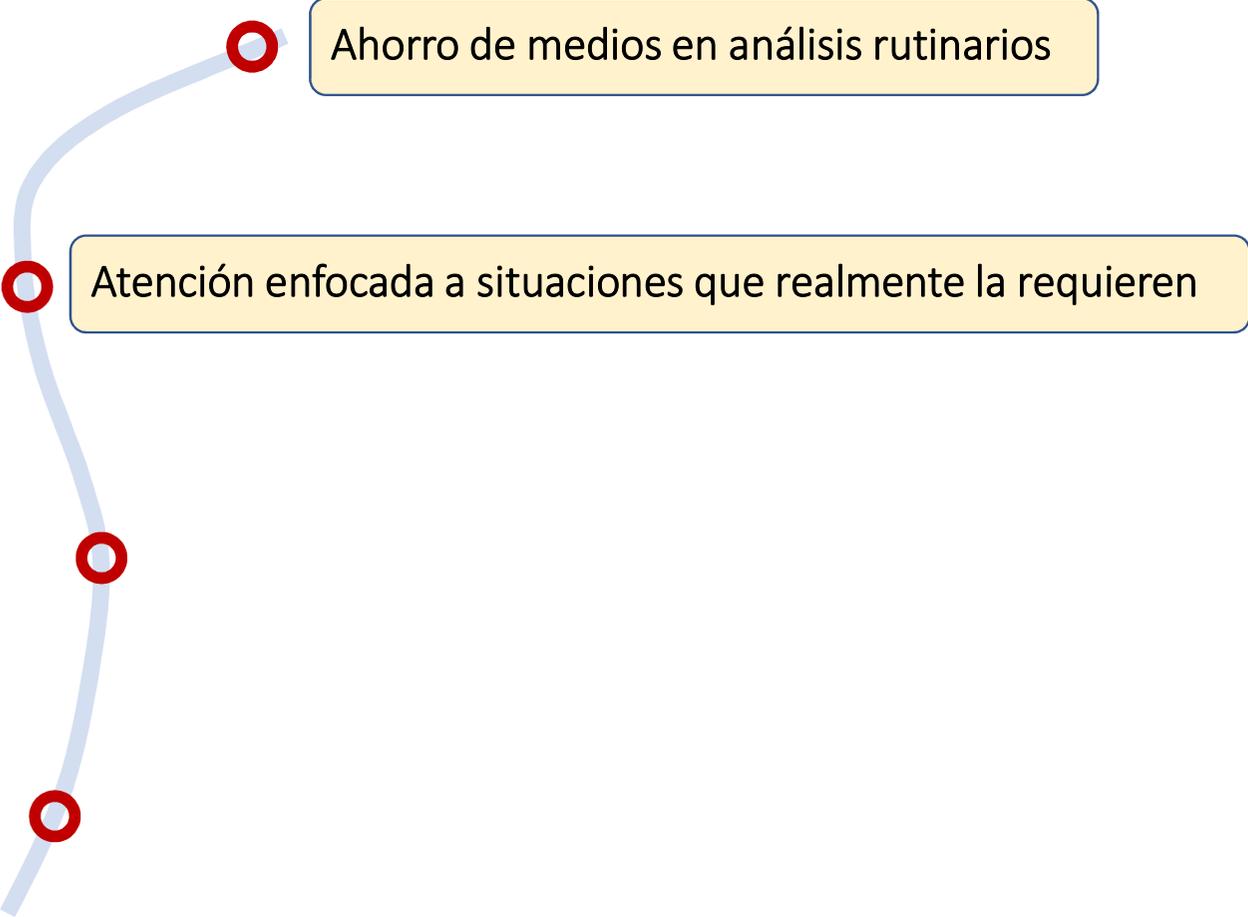
Límite: capacidad para recoger y comunicar datos

Economía



Ahorro de medios en análisis rutinarios

Economía



Ahorro de medios en análisis rutinarios

Atención enfocada a situaciones que realmente la requieren

Economía

Ahorro de medios en análisis rutinarios

Atención enfocada a situaciones que realmente la requieren

Tiempo → Seguridad

Control intenso y continuo del comportamiento de la presa

Economía

Ahorro de medios en análisis rutinarios

Atención enfocada a situaciones que realmente la requieren

Tiempo → Seguridad

Control intenso y continuo del comportamiento de la presa

Límite: capacidad para recoger y comunicar datos



Precisión es tiempo

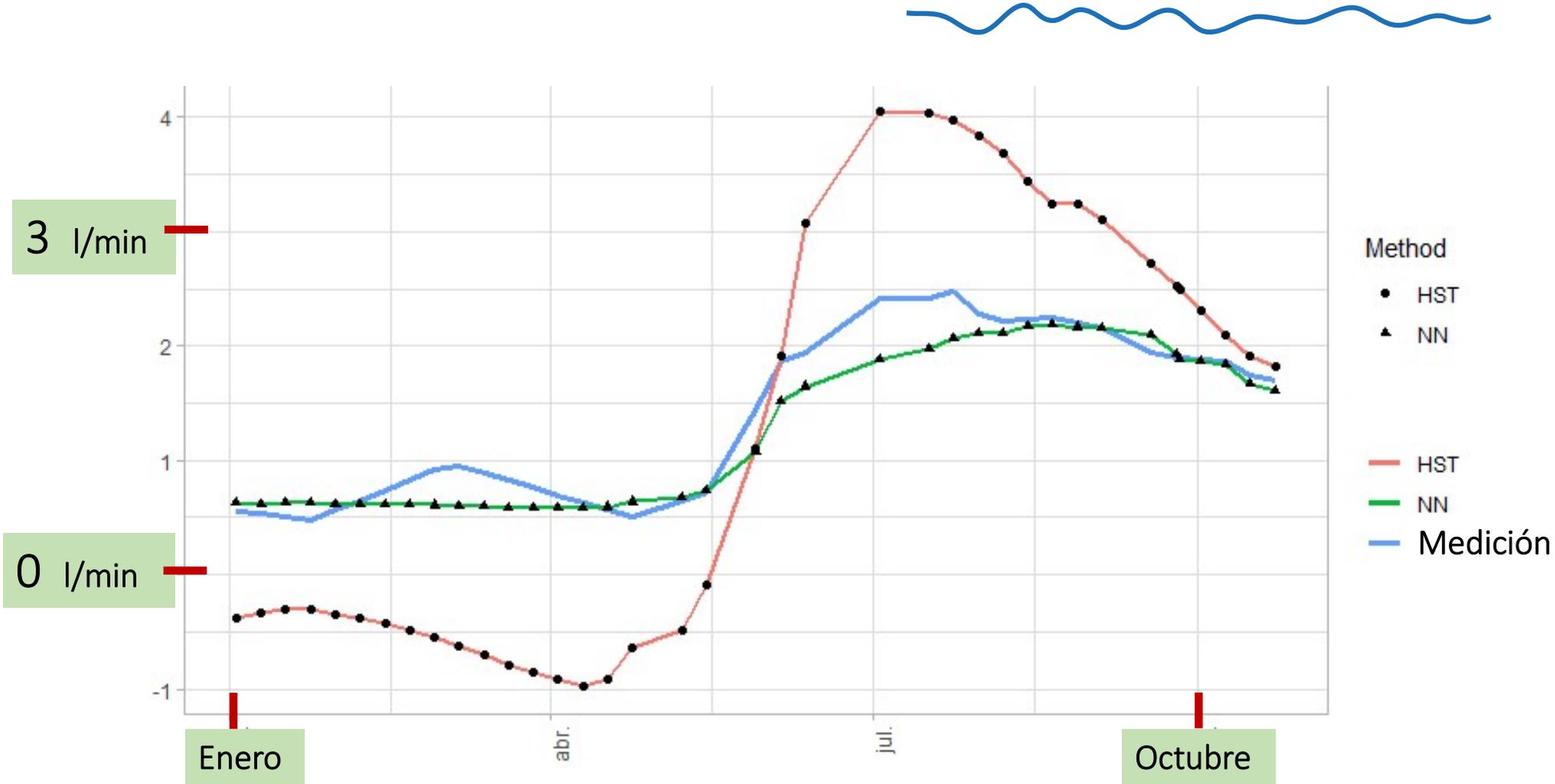
...y el tiempo es seguridad

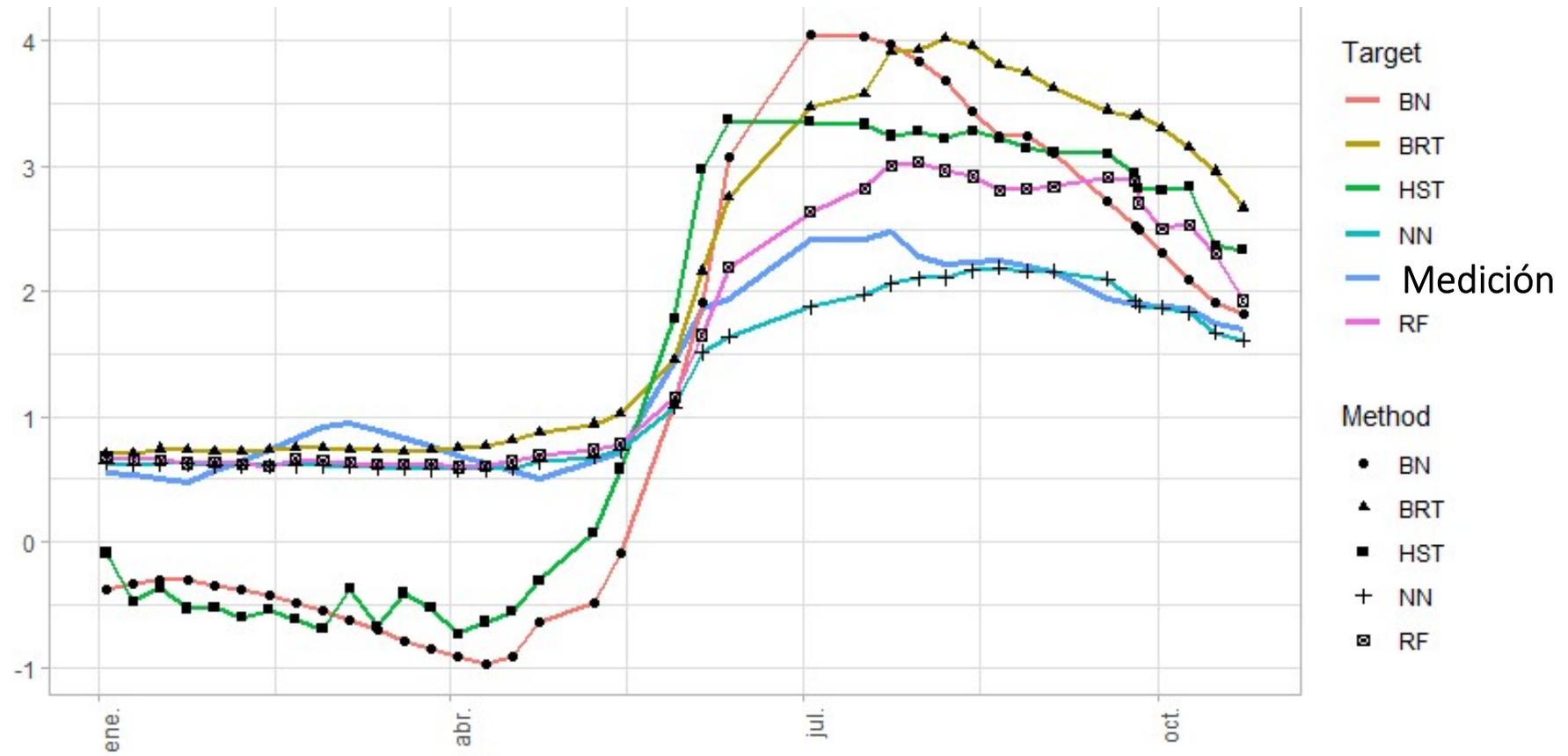
Modelos predictivos más precisos



...para detectar antes las anomalías

Modelo predictivo de filtraciones

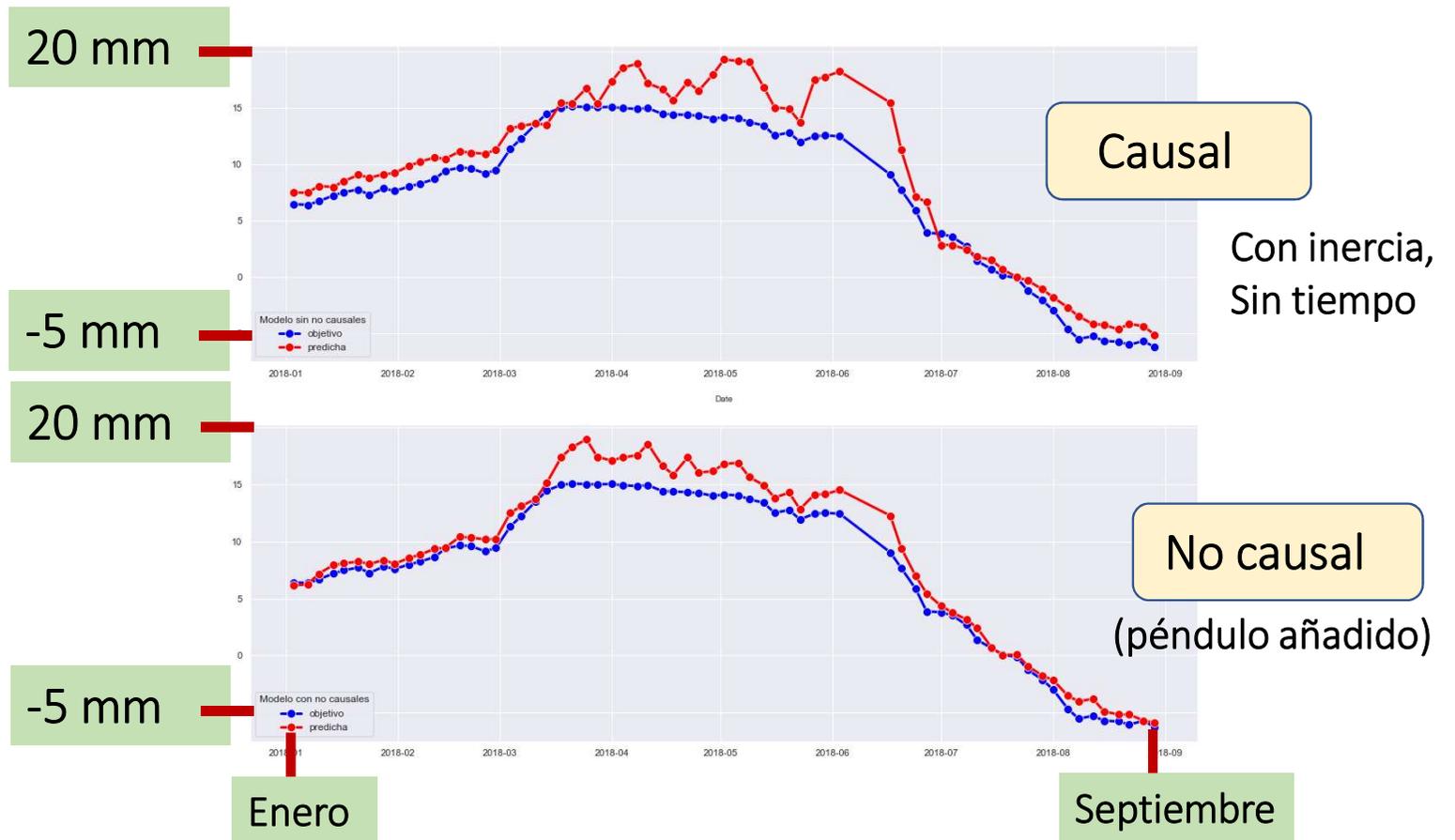






Cada conjunto de datos tiene su modelo idóneo

Los modelos no causales son generalmente más precisos que los causales



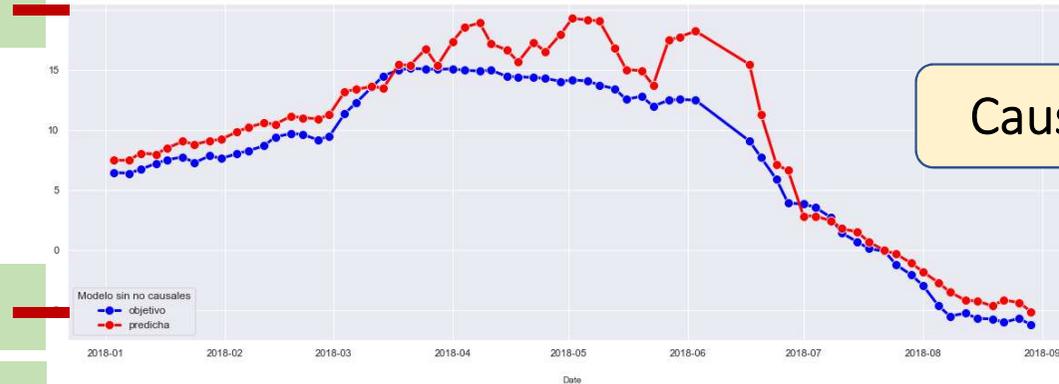
Los modelos no causales son generalmente más precisos que los causales

MSE = 5.40



MSE = 2.50

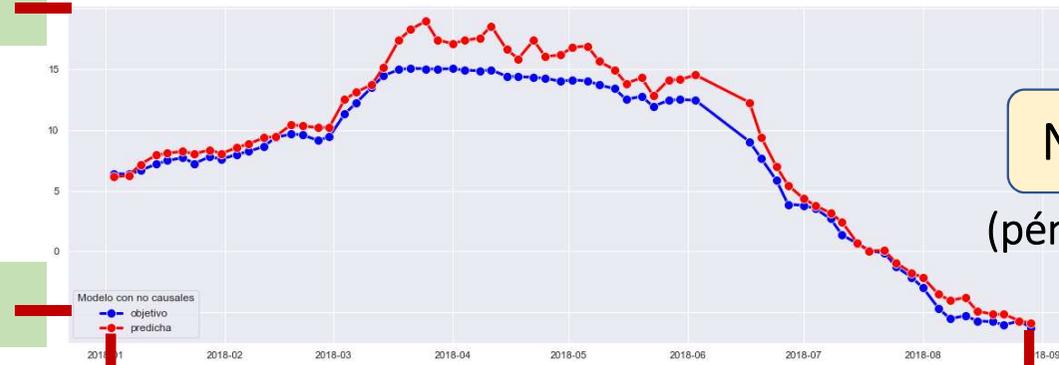
20 mm



Causal

-5 mm

20 mm



No causal

(péndulo añadido)

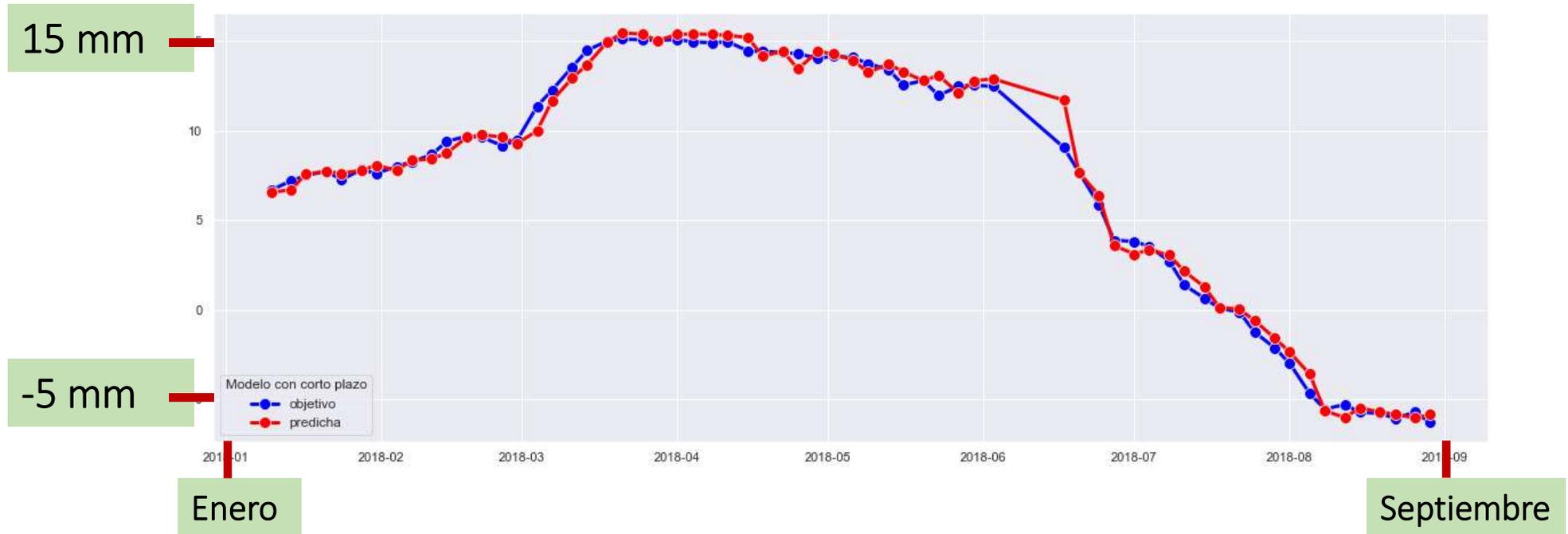
-5 mm

Enero

Septiembre

Los modelos de corto plazo son extremadamente precisos

..útiles para detectar anomalías repentinas



El movimiento del día anterior se han incorporado como variable de entrada

El problema de “hervir la rana”



<https://plazamoyua.files.wordpress.com/2015/05/rana-hirviendo.png>

Los modelos de corto plazo pueden adaptarse progresivamente a la evolución patológica del comportamiento y no detectar nada

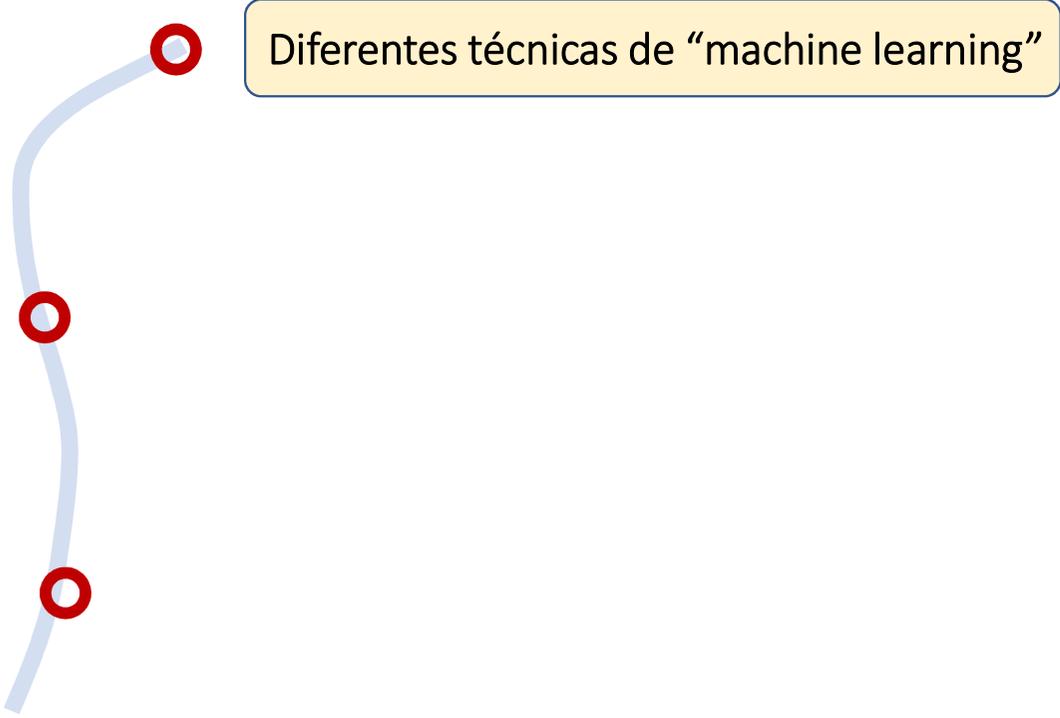
¿Cuál es el mejor tipo de modelo predictivo?

Diferentes técnicas de “machine learning”

Modelos causales / no causales

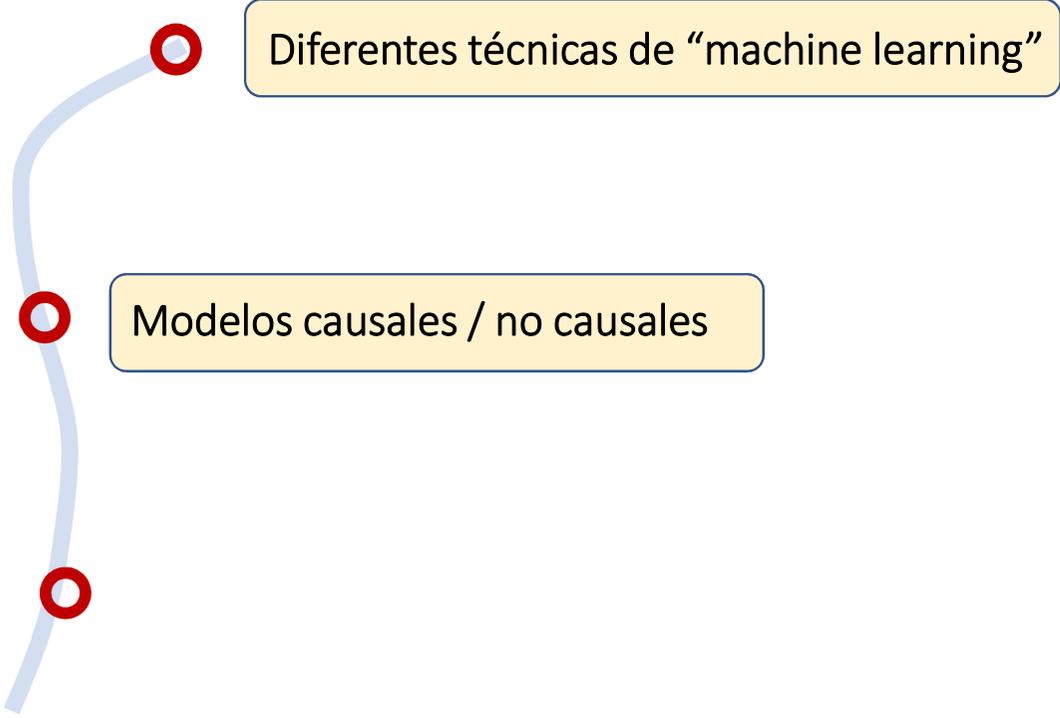
Modelos estáticos / evolutivos

¿Cuál es el mejor tipo de modelo predictivo?



Diferentes técnicas de "machine learning"

¿Cuál es el mejor tipo de modelo predictivo?



Diferentes técnicas de “machine learning”

Modelos causales / no causales

¿Cuál es el mejor tipo de modelo predictivo?



Diferentes técnicas de “machine learning”

Modelos causales / no causales

Modelos estáticos / evolutivos

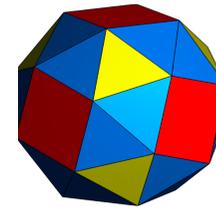
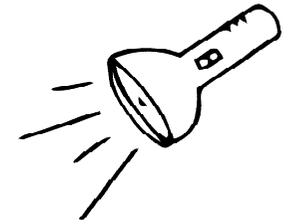
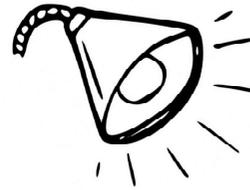
¿Cuál es el mejor tipo de modelo predictivo?

Diferentes técnicas de "machine learning"

Modelos causales / no causales

Modelos estáticos / evolutivos

Todos y ninguno



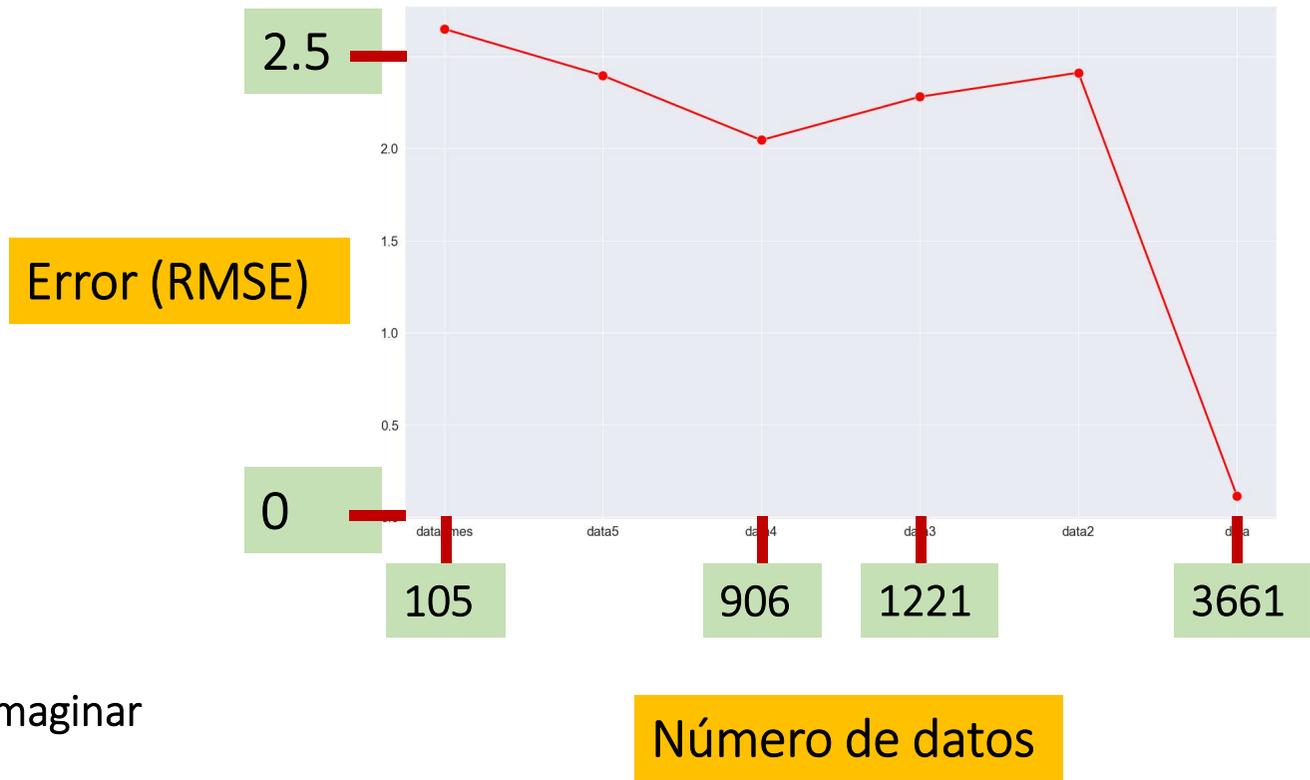
Interesa usar varios tipos de modelos...

...que arrojarán luz...

...sobre aspectos distintos del comportamiento de la presa



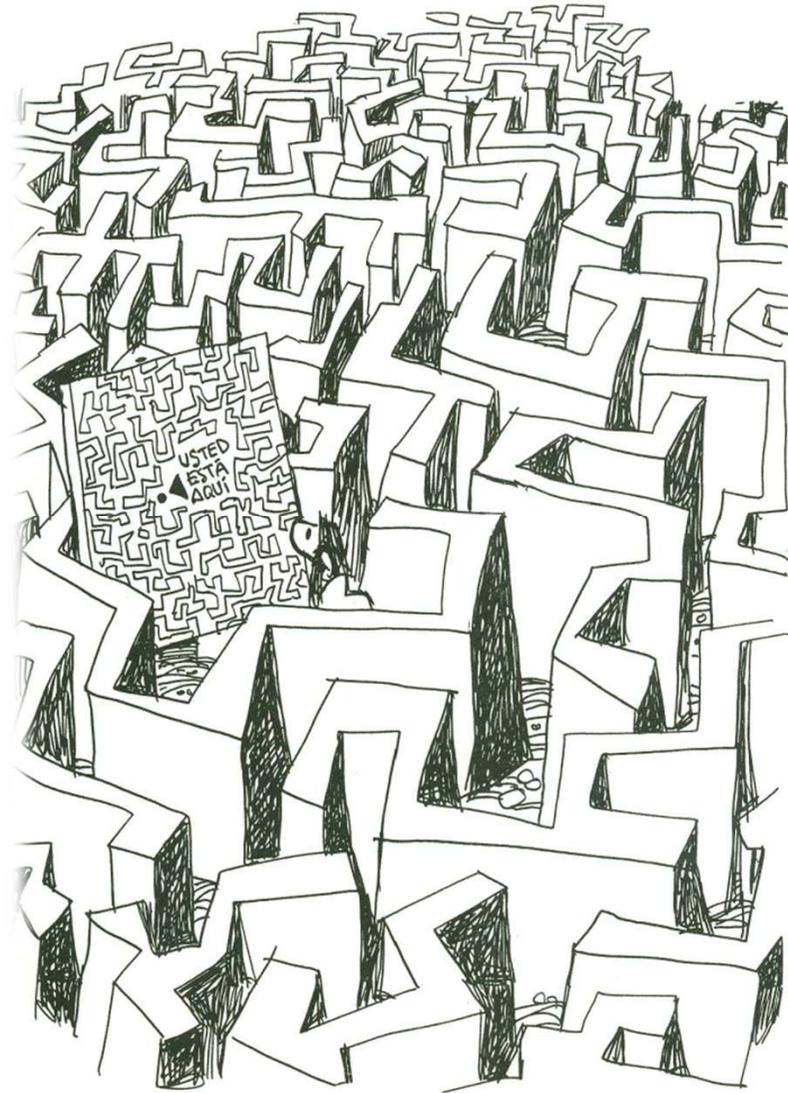
¿Cuántos datos hacen falta?



..menos que los que solemos imaginar

A

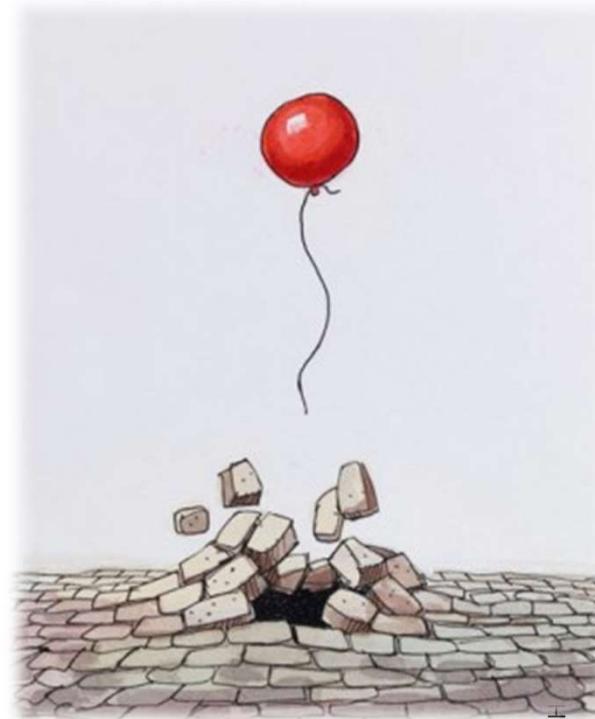
¿Dónde estamos?



Hombre solo. Autor: Mingote

A ¿Dónde estamos?

Las técnicas de *machine learning*
acaban de llegar
a la seguridad de las presas



SmartDAM



SmartDAM



Estudio de la presa y programación de rutinas de análisis de la seguridad


dacartec
SERVICIOS INFORMÁTICOS


serpa
POLITÉCNICA Dam Safety Research


ACIS
INNOVACIÓN + INGENIERÍA

SmartDAM



Estudio de la presa y programación de rutinas de análisis de la seguridad

Implementación de la entrada y transmisión de los datos


dacartec
SERVICIOS INFORMÁTICOS


serpa
POLITÉCNICA Dam Safety Research


ACIS
INNOVACIÓN + INGENIERÍA

SmartDAM



Estudio de la presa y programación de rutinas de análisis de la seguridad

Implementación de la entrada y transmisión de los datos

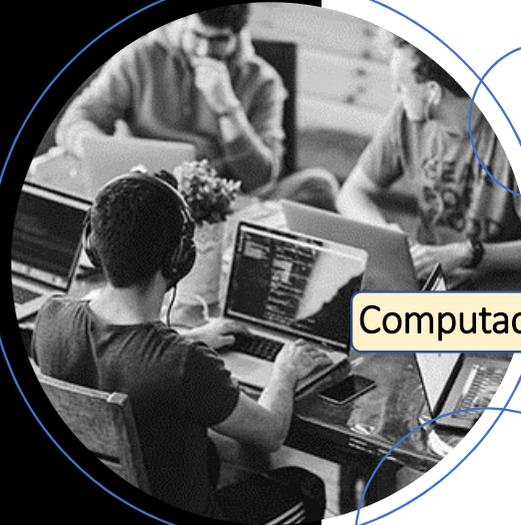
Computación en la nube o en los servidores del titular


dacartec
SERVICIOS INFORMÁTICOS


POLITÉCNICA **serpa** 
Dam Safety Research


ACIS 
INNOVACIÓN + INGENIERÍA

SmartDAM



Estudio de la presa y programación de rutinas de análisis de la seguridad

Implementación de la entrada y transmisión de los datos

Computación en la nube o en los servidores del titular

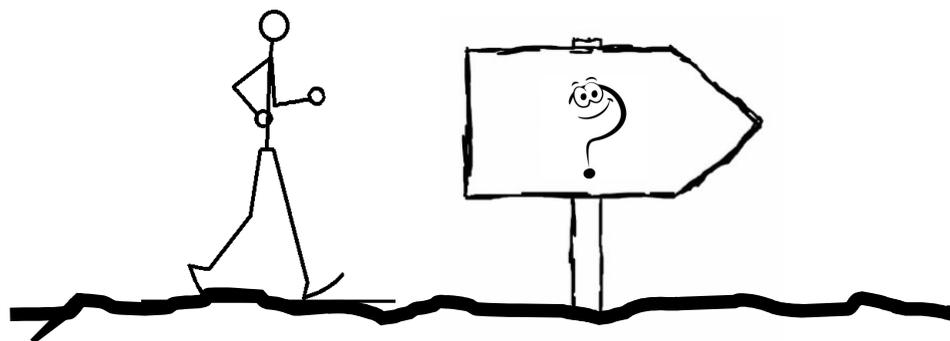
Soporte técnico, mantenimiento y actualizaciones


dacartec
SERVICIOS INFORMÁTICOS


serpa 
POLITÉCNICA Dam Safety Research


ACIS 
INNOVACIÓN + INGENIERÍA

¿Hacia dónde vamos?



¿Podemos ver mejor?

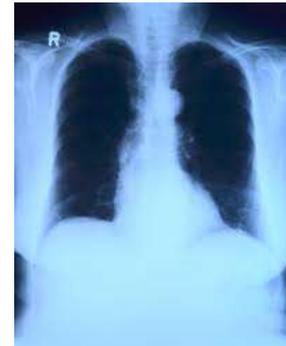


La inspección visual

¿Podemos ver mejor?



+



La inspección visual

¿Podemos ver mejor?



La inspección visual



+



Imagen convertida en datos

¿Podemos ver mejor?



La inspección visual



+



Imagen convertida en datos

integrada en modelos de datos

¿Podemos ver mejor?



La inspección visual



+



Imagen convertida en datos



integrada en modelos de datos

+

Imagen almacenada para revisión

¿Podemos ver mejor?



La inspección visual



+



Imagen convertida en datos



integrada en modelos de datos

+

Imagen almacenada para revisión

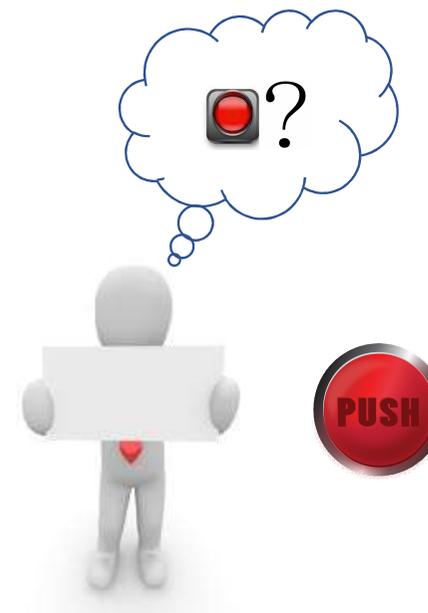
¿A qué responde una fisura, humedad...?

¿Nos podría decir la presa qué le está pasando?



Detección automática de patrones de avería

...como asistente para la toma de decisiones



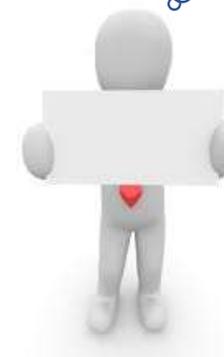
¿Nos podría decir la presa qué le está pasando?



Detección automática de patrones de avería

...como asistente para la toma de decisiones

¿Qué instrumentos, cuántos y dónde son necesarios para ello?



¿Nos podría decir la presa qué le está pasando?



Detección automática de patrones de avería

...como asistente para la toma de decisiones

¿Qué instrumentos, cuántos y dónde son necesarios para ello?

¿Qué técnicas de reconocimiento de patrones son más adecuadas?



En resumen...



- 1 Los modelos de base física y los modelos de datos son complementarios
- 2 Las técnicas de IA ayudan a comprender cómo funciona la presa...
- 3 ...y facilitan la detección temprana y eficiente de situaciones de peligro

...hacia presas más seguras a menor coste

miguelangel.toledo@upm.es



serpa 

Dam Safety Research

RESEARCH GROUP
ON HYDROINFORMATICS
AND WATER MANAGEMENT