

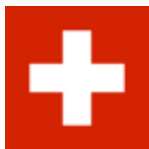


Leonardo Ramírez - López

BÜCHI Labortechnik AG

¿Cómo se hace posible el proceso de monitoreo ultradetallado en la industria de la palma de aceite por medio de espectroscopia infrarrojo cercano?

How can ultra-detailed process monitoring become feasible in oil palm industry by using near infrared spectroscopy?



Suiza / Switzerland



NIR-Online®

How can ultra-detailed process monitoring become feasible in oil palm industry by using NIR spectroscopy?



Leonardo Ramirez-Lopez, *Ph.D*

Ramirez_Lopez.L@buchi.com

BUCHI Labortechnik AG
Switzerland



NIR-Online®

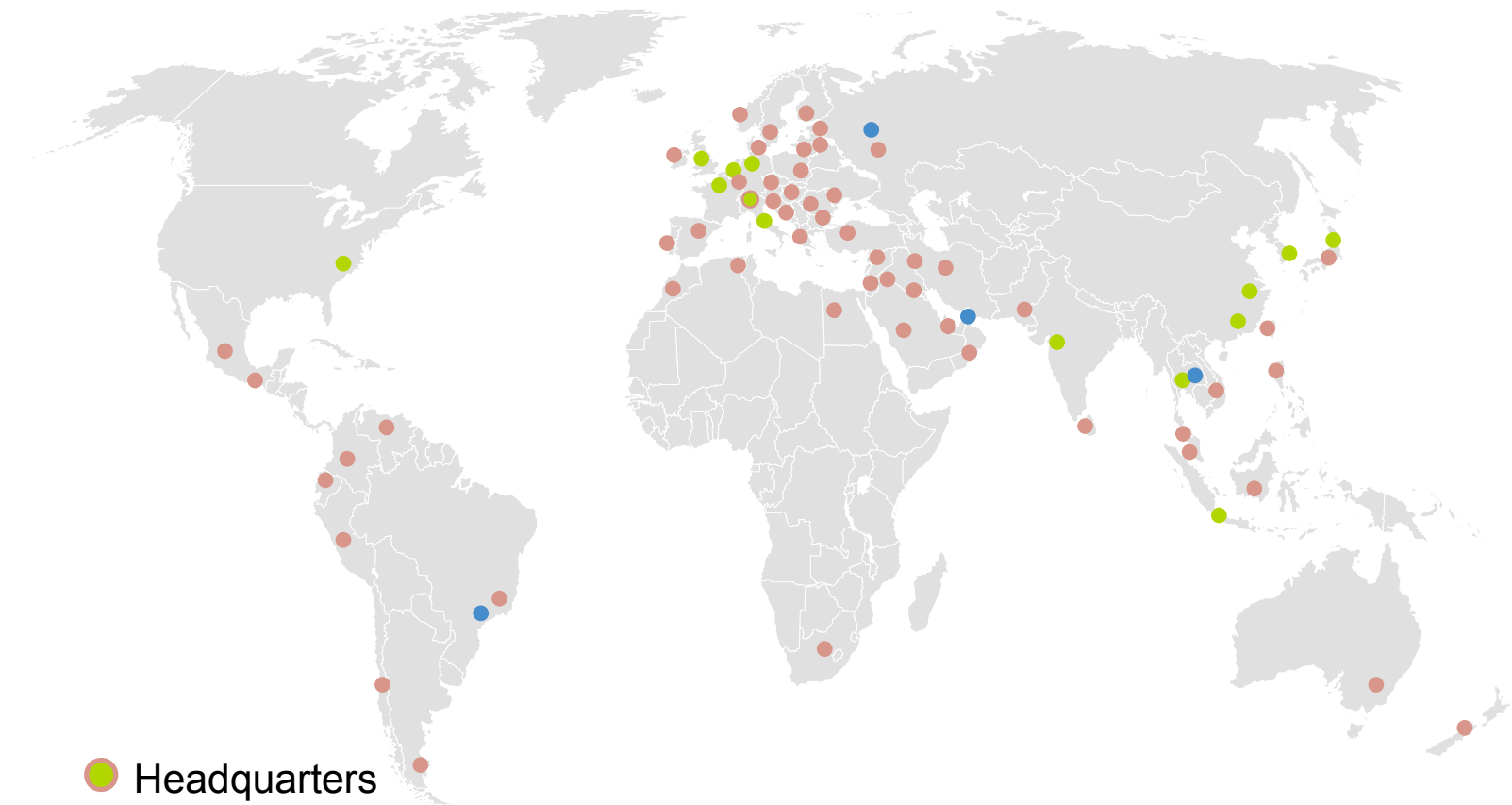
hoy voy a...

- Explicar en que consiste la espectroscopia del infrarojo cercano
- Explicar superficialmente como funciona un sensor
- Hablar sobre el uso de la espectroscopía infraroja en las plantas de beneficio
- Como puede beneficiar la espectroscopia del infrarojo cercano a la industria palmera



BUCHI worldwide

NIR-Online®



- Headquarters
- Affiliates
- Support Centers
- Distributors



NIR-Online®

what stands BUCHI for?

Founded in 1939 in Switzerland

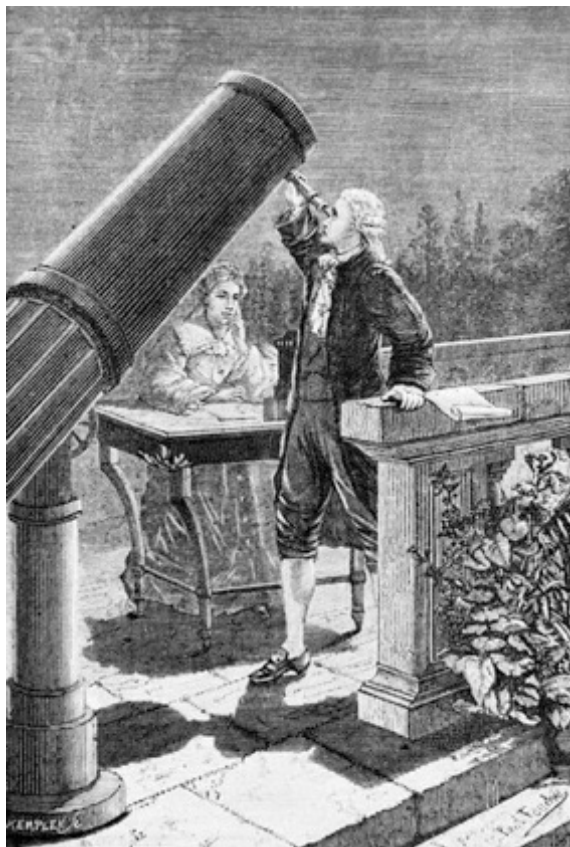
BUCHI provides laboratory equipment for research and discovery labs and analytical instruments for quality control – worldwide

Complete service:

- Equipment
- Software
- Installation
- Calibrations
- Service
- Support (research and operations)



un poco de historia sobre NIR...



En 1800 el astrónomo alemán Sir **William Herschel**, se interesó en saber cuanto calor podía pasar a través de diferentes filtros de colores con los que observaba el sol.

El notó que diferentes colores tienen diferentes temperaturas y que la temperatura se incrementaba desde el violeta hasta el rojo

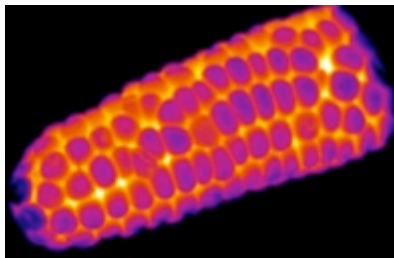
DESCURBIMIENTO DE LA RADIACIÓN IR



un poco de historia sobre NIR...



Durante la segunda guerra mundial y en los **50s** se desarrollaron sensores IR para detectar tropas



En los **70s** resurge el uso del NIR cuando **K.H.Norris** (del USDA) intenta con un espectrómetro medir el **contenido de humedad de granos** de cereales intactos pero se da cuenta que **también puede medir el contenido proteico** de estos con bastante precisión



Durante los **90s** el **desarrollo de herramientas computacionales, matemáticas y estadísticas** impulsó el desarrollo y aplicación de la espectrometría



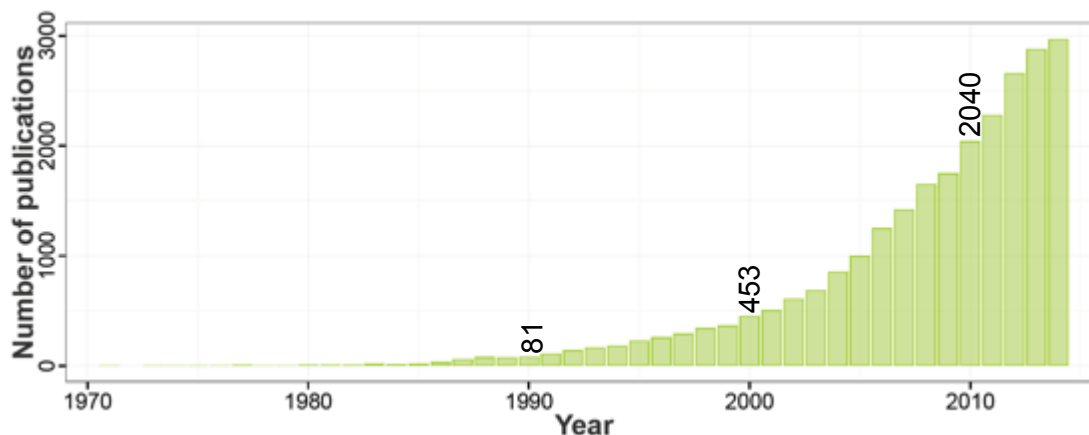
NIR-Online®

background

Scientific publications on quantitative NIR spectroscopy



Search criteria:
“chemometrics” and “infrared”



1959 – 2014

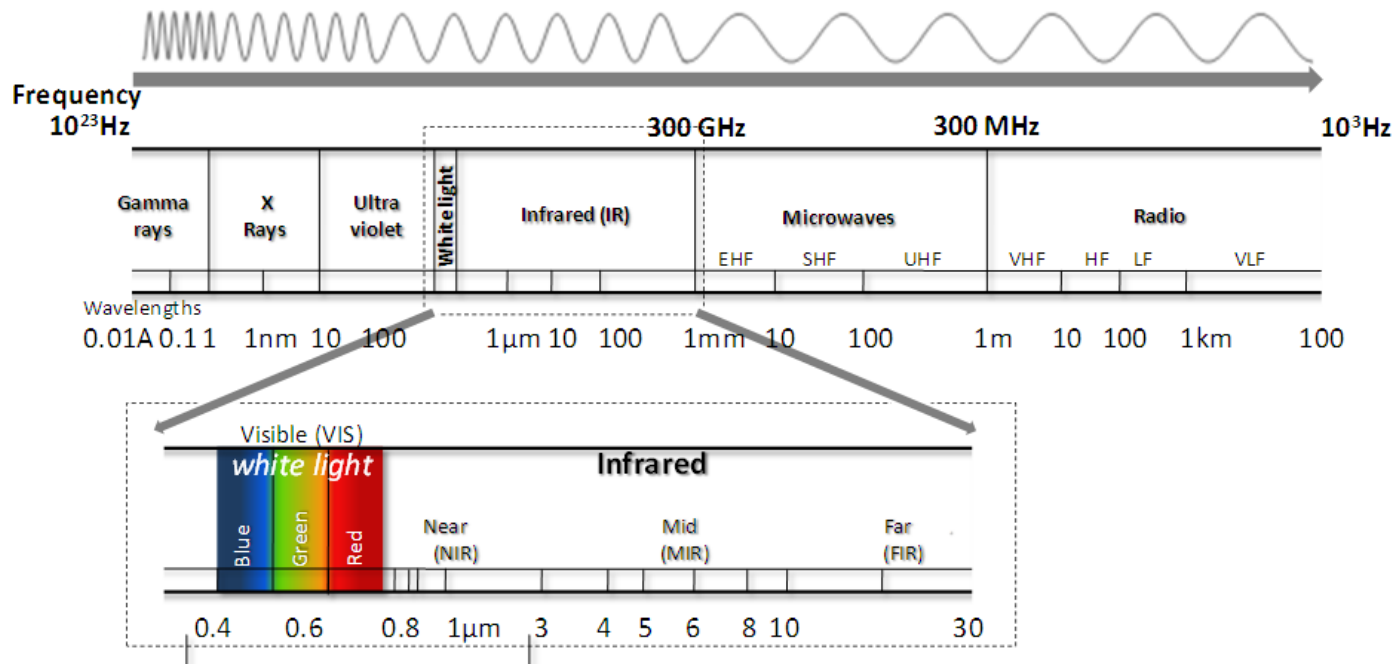
Total results:

25'510

50% of the papers have been produced
over the past **4 years**

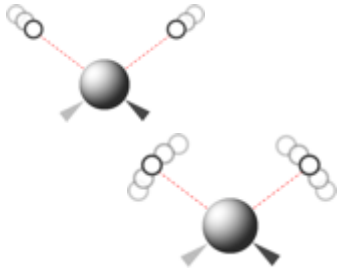
Espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR)...

La espectroscopia infrarroja esta basada en las mediciones de la respuesta espectral de los objetos en la porción infrarroja del espectro electromagnético.



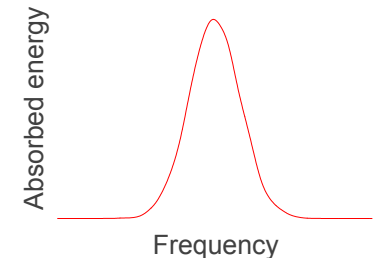
espectroscopia del infrarojo cercano (NIR)...

Como funciona?

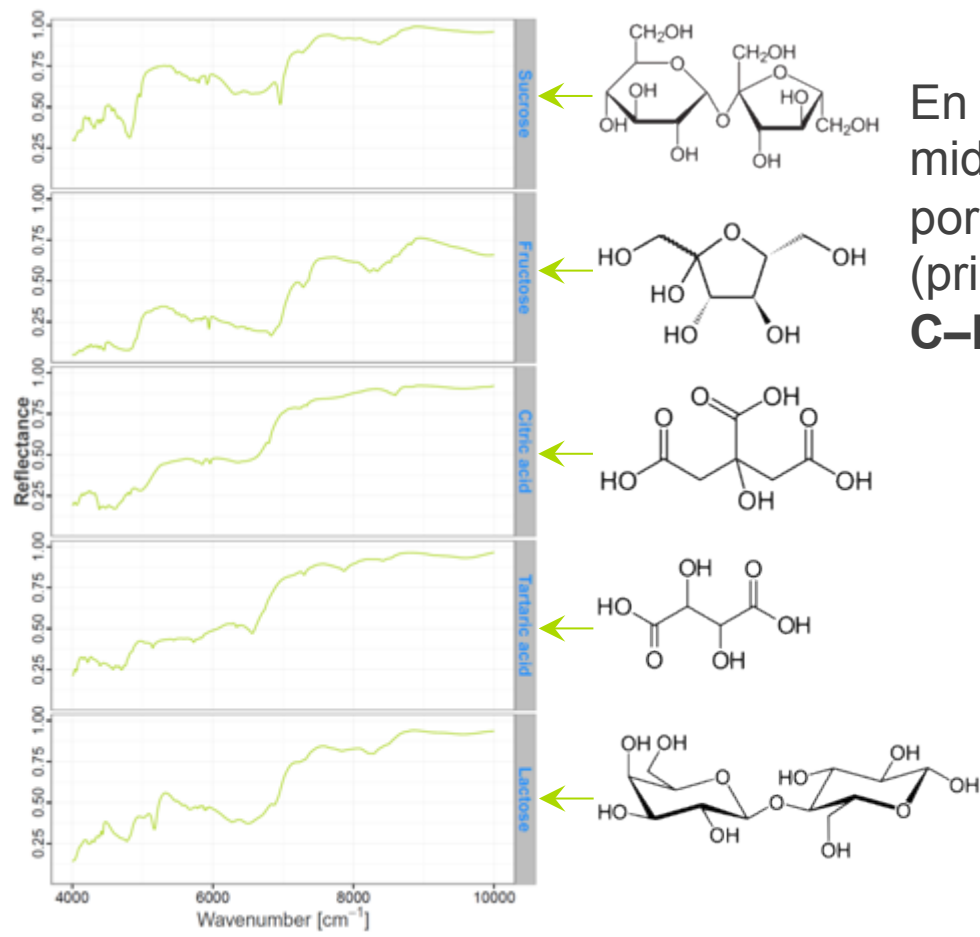


Una determinada molecula absorbe energia (luz) si la frecuencia de la energia de la luz coincide con la frecuencia de vibración del grupo funcional de la molecula

La cantidad de energia absorbida puede ser diferente para cada frecuencia (longitud de onda). Esto normalmente se traduce en un picos de absorcion de energia



espectroscopia del infrarojo cercano (NIR)...



En espectroscopía NIR se mide la absorción de energía por parte de moléculas (principalmente) con enlaces **C-H**, **N-H**, **O-H**...

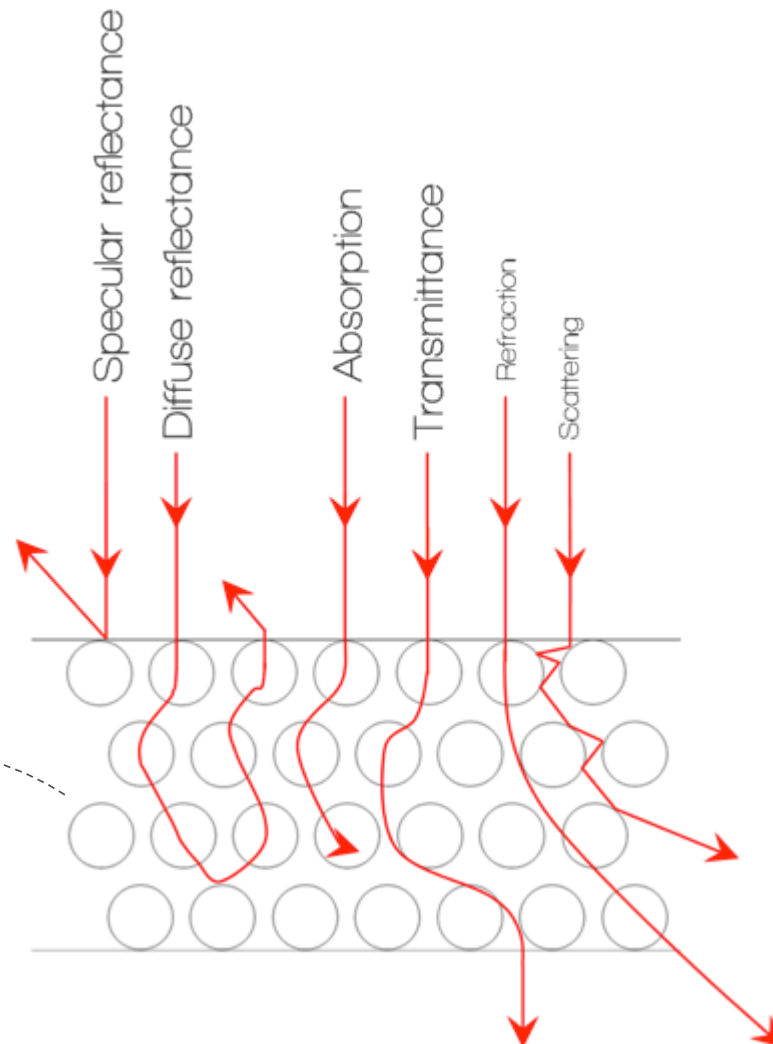
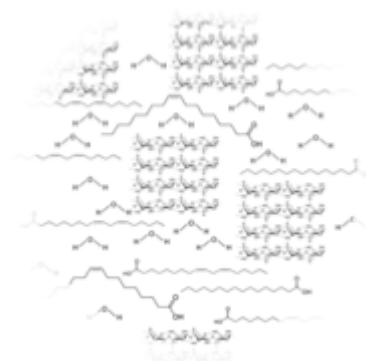
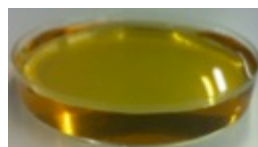
... y estos enlaces están presentes en casi todos los sistemas orgánicos !



NIR-Online®

espectroscopia del infrarojo cercano (NIR)...

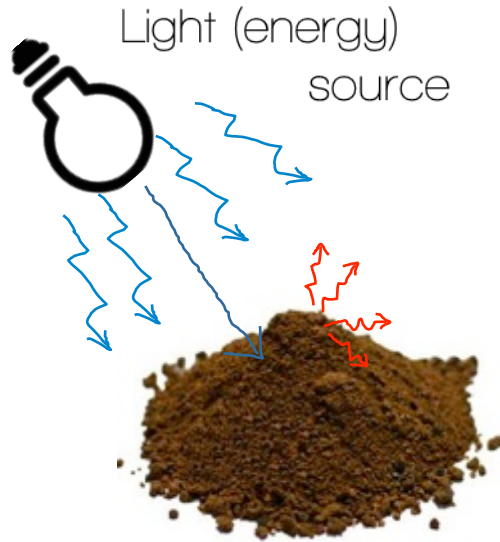
Light (energy) source





NIR-Online®

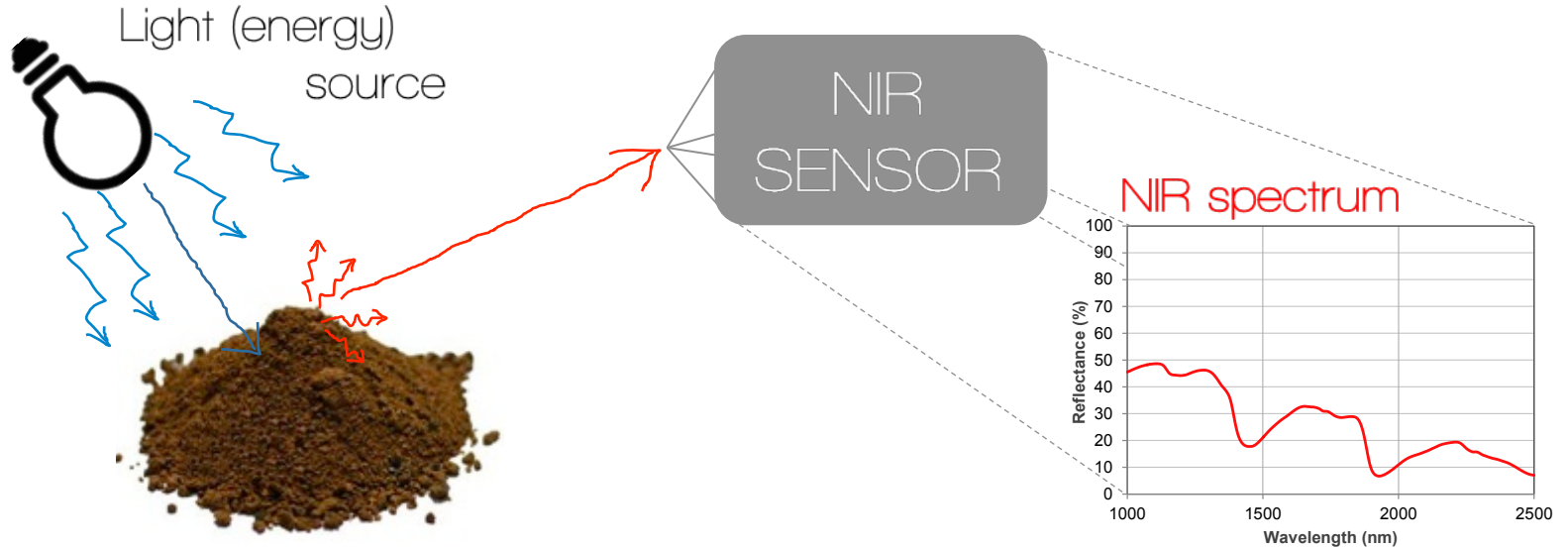
espectroscopia del infrarojo cercano (NIR)...





NIR-Online®

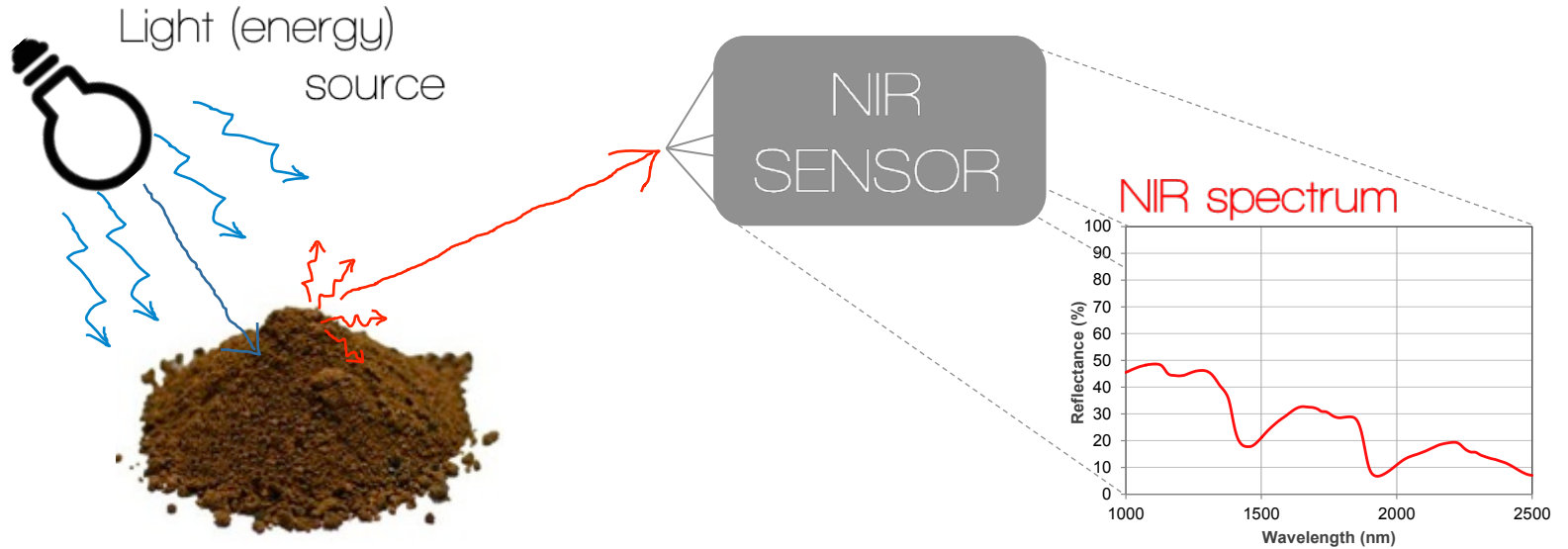
espectroscopia del infrarojo cercano (NIR)...



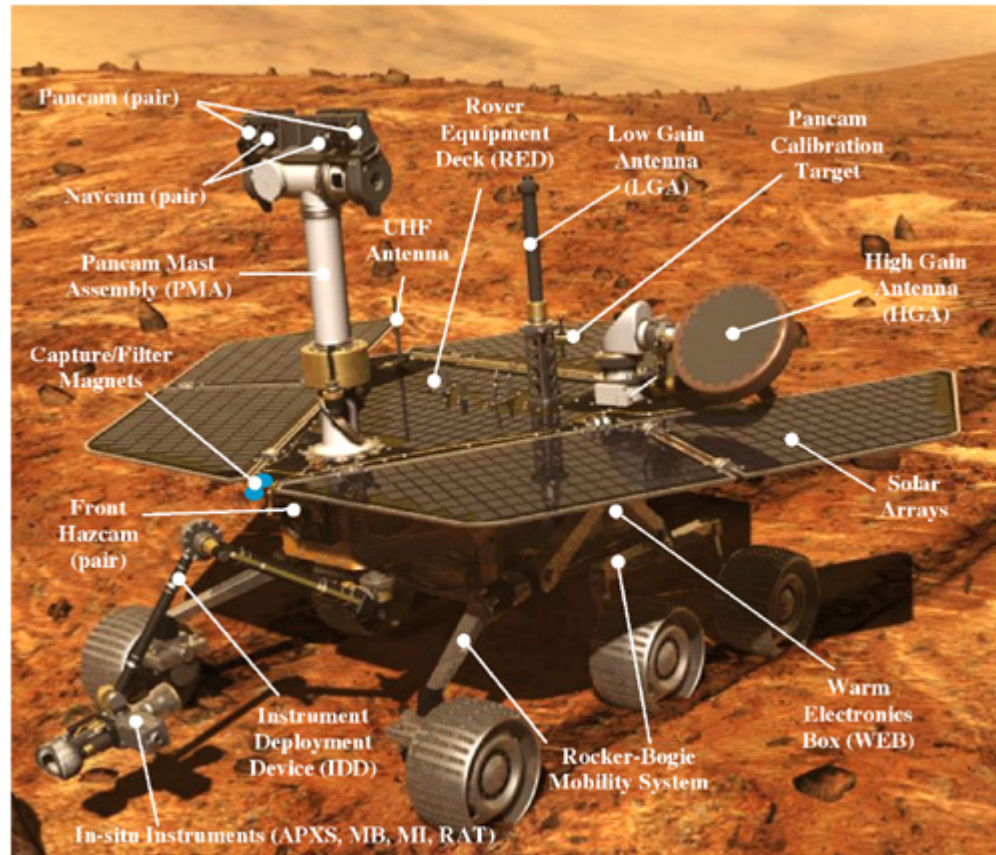


NIR-Online®

Espectroscopia del infrarojo cercano (NIR)...



Astro-NIR spectroscopy





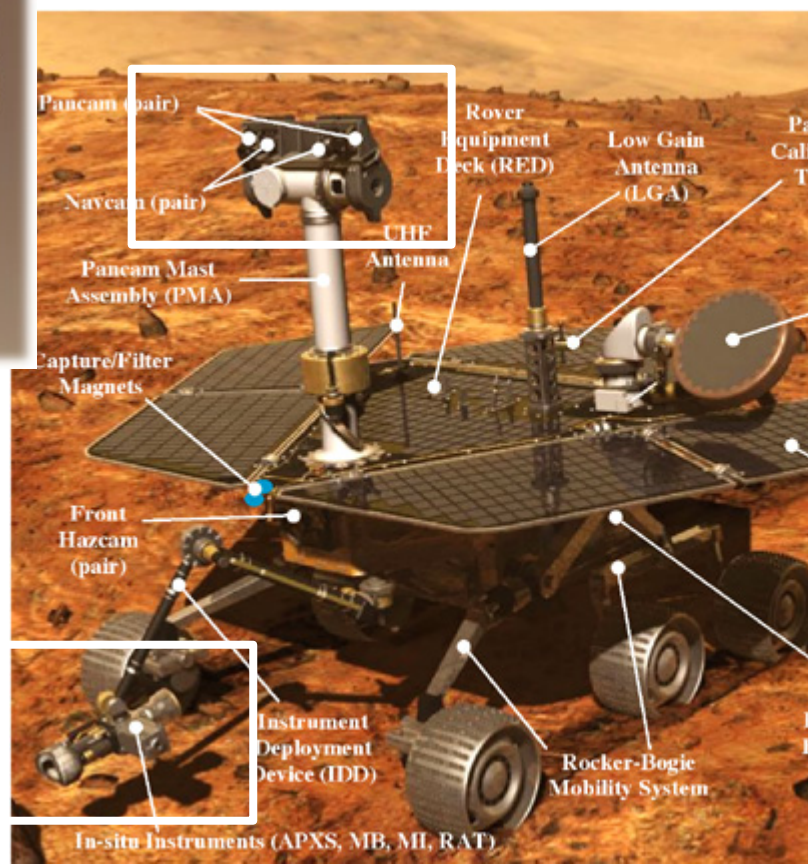
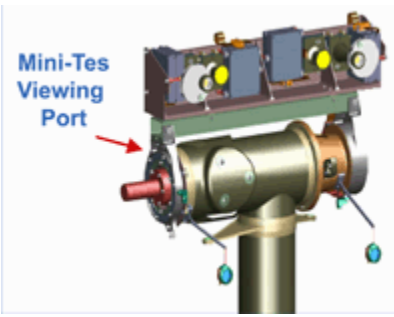
Astro-NIR spectroscopy

NIR-Online®

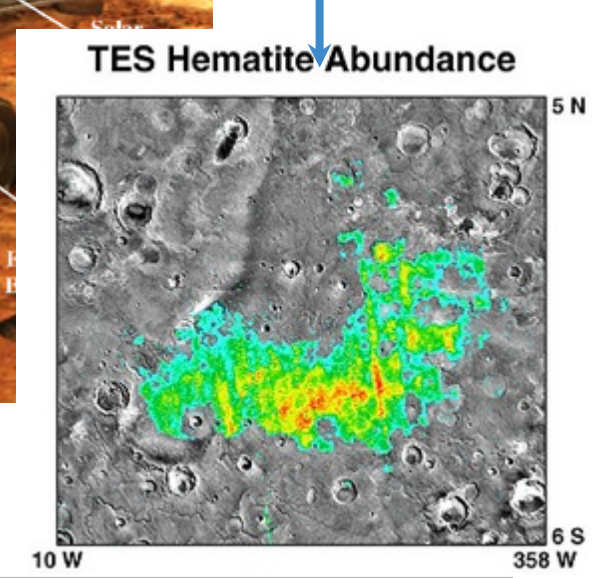
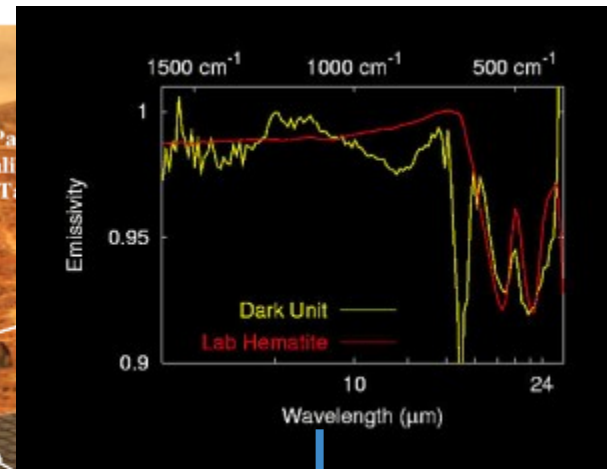


430 – 830 nm

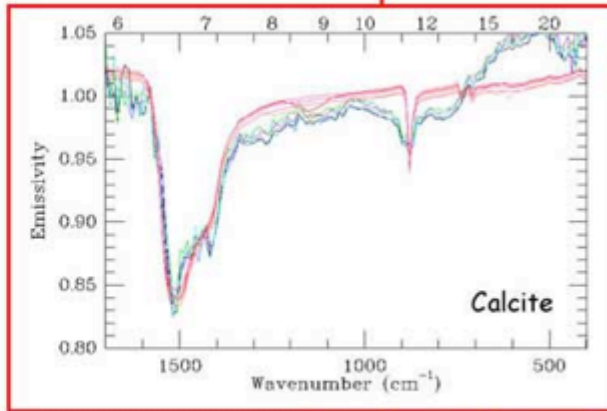
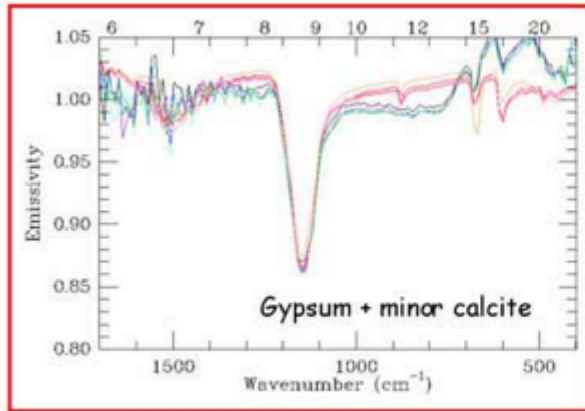
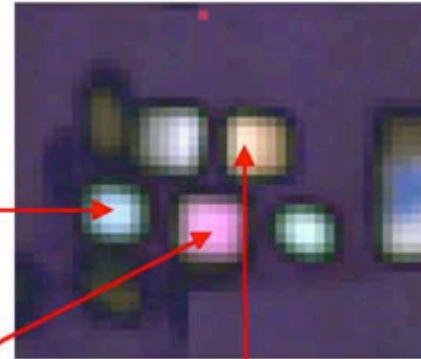
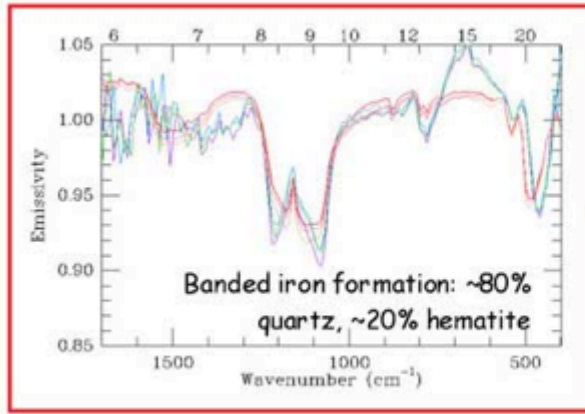
5000 – 29000 nm



Mars Rover



astro-NIR pscetroscopy



Credit: NASA/JPL/Cornell/ASU

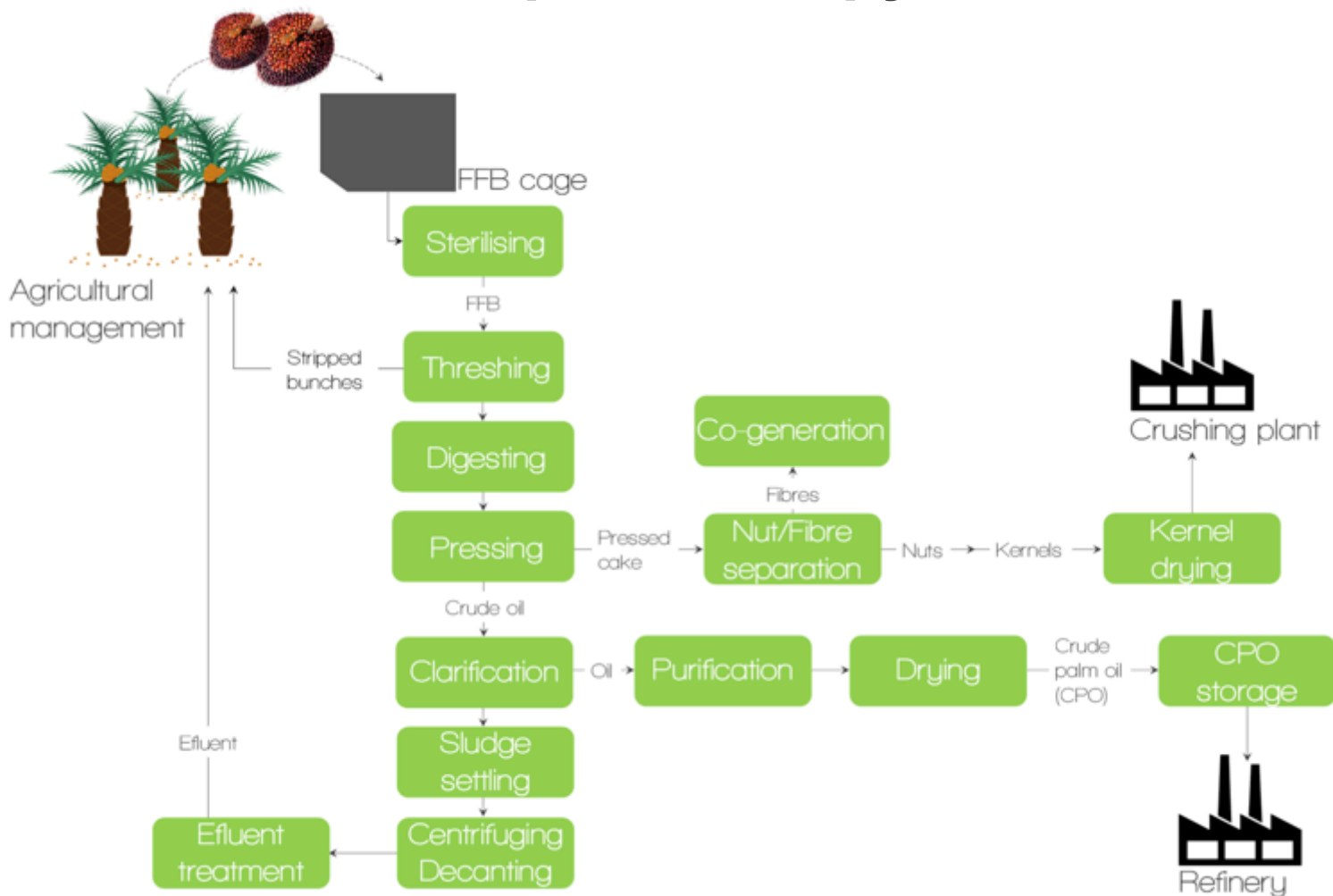
Mars Rover

conventional methods vs NIR...

Aspecto	Sistemas convencionales	Sistemas NIR
Eficiencia en tiempo	Baja (horas/muestra)	Alta (segundos/muestra)
Exactitud y precisión	Muy alta	Alta
Costo del análisis	Alto	Bajo
Portabilidad	Baja	Mediana-Alta
Tratamiento de la muestra	Destructivo: la preparación de la muestra puede ser compleja. Se usan reactivos químicos	No destructivo: No requiere preparación de la muestra. No son usadas reactivos químicos
Cantidad de información obtenida	Una sola variable a la vez (generalmente). Distintos métodos/procedimientos para distintas variables	Múltiples variables: Un amplio número de variables puede ser extraído de una sola medición del espectro
Eficiencia para el monitoreamiento	Muy baja	Muy alta. Gran potencial para monitoreo ultra-detallado

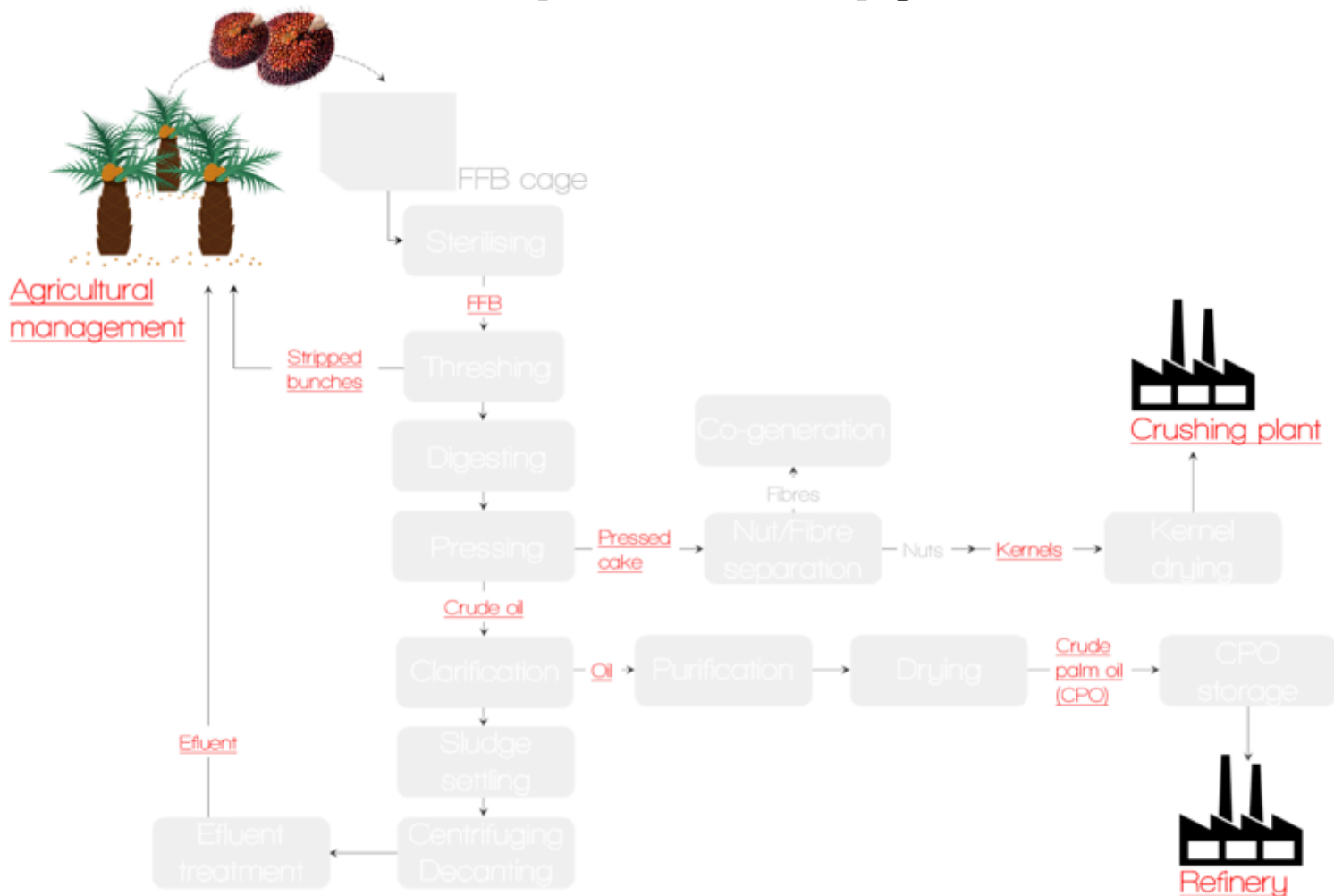
La espectroscopía NIR provee resultados exactos y en comparación con los métodos convencionales posee una eficiencia superior en términos de costos y tiempo

where can NIR spectroscopy be used?



La espectroscopía NIR puede ser aplicada a la determinación de un gran número de variables de alto impacto dentro del sistema productivo de la palma de aceite

Where can NIR spectroscopy be used?



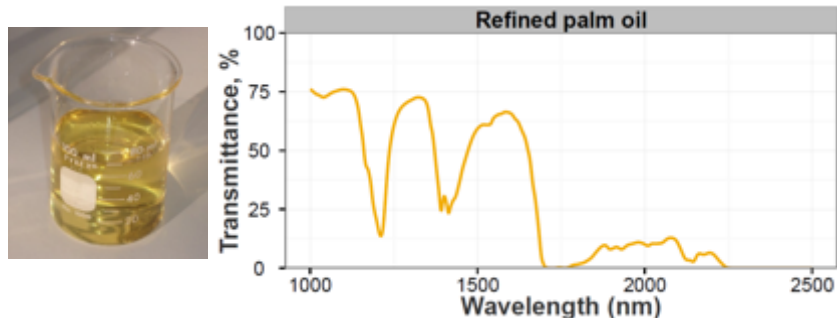
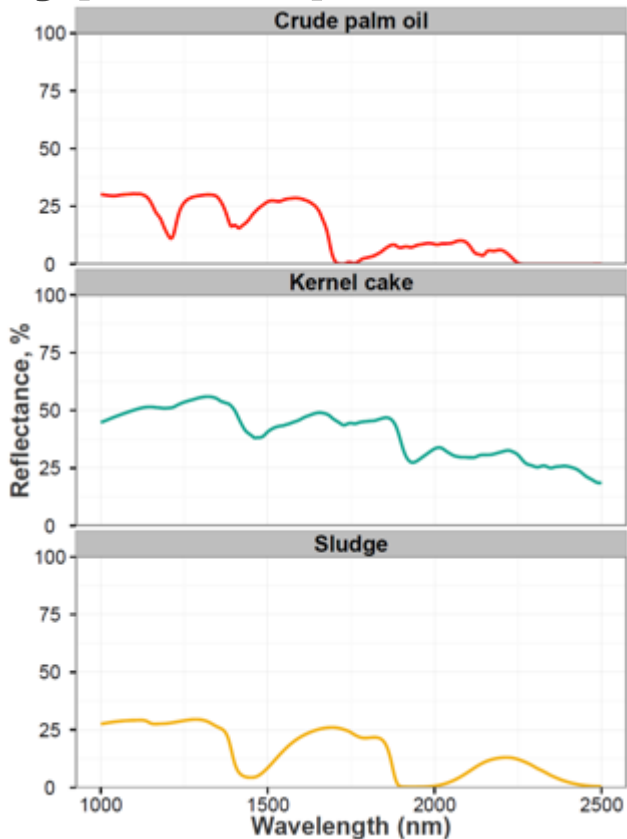
La espectroscopía NIR puede ser aplicada a la determinación de un gran número de variables de alto impacto dentro del sistema productivo de la palma de aceite

que información puede ser obtenida con NIR?

Los productos con los que hemos desarrollado estudios...

Product	Variable
Press fiber	Oil content, Moisture content
Crude palm oil (laboratory)	Free Fatty Acid, Moisture content, Iodine Value, Deterioration of Bleachability, Carotene
Crude Palm Oil (online)	Oil content, Water Content
Refined Bleached Deodorized Palm Oil	Free Fatty Acid, Color, Iodine Value, Anisidine Value, Peroxyde Value

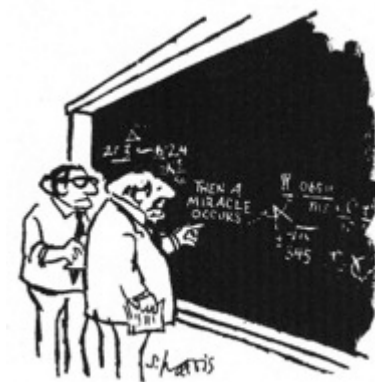
typical spectra of some palm oil products



NIR predictions: basic concept

translating spectral information that we have into chemical information that we need!
 This is accomplished by using a model

$$y = f(\text{Spectrum}) + \varepsilon$$



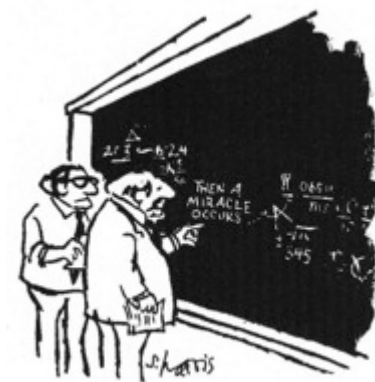
"I think you should be more explicit here in step two."

NIR predictions: basic concept

translating spectral information that we have into chemical information that we need!
 This is accomplished by using a model

$$y = f(\text{Spectrum}) + \varepsilon$$

Function that can be approximated by using (chemometric) regression methods



"I think you should be more explicit here in step two."

using NIR spectroscopy: some examples

Product: Crude palm oil

Numero de muestras:

811

Origen:

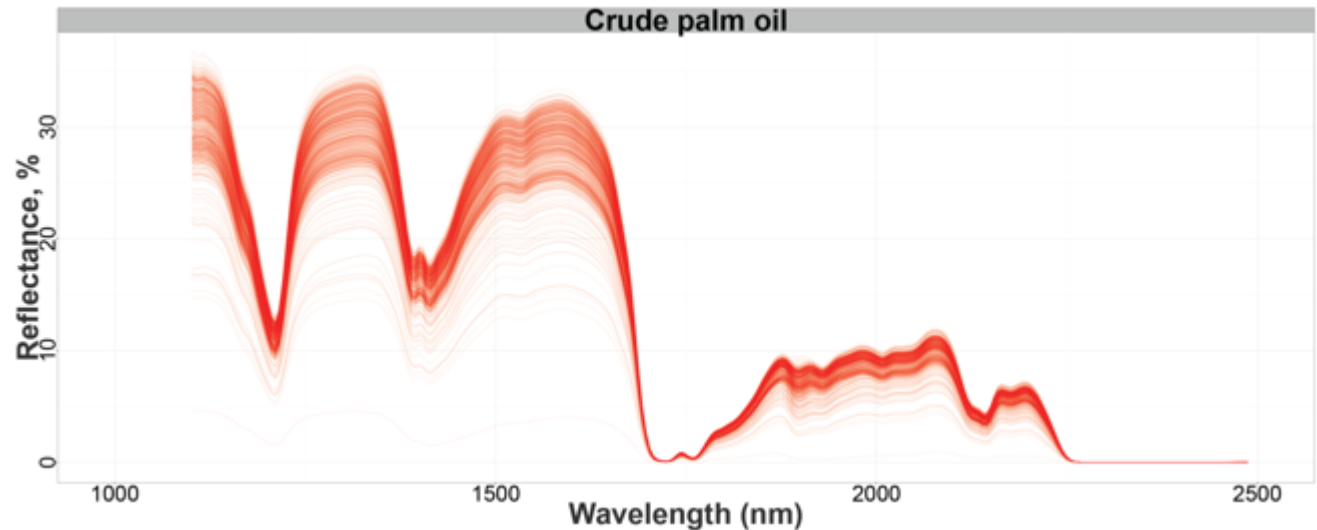
Malaysia

Variables:

Free fatty acids (%)

Metodos (estadisticos) de regresion/prediccion de las variables:

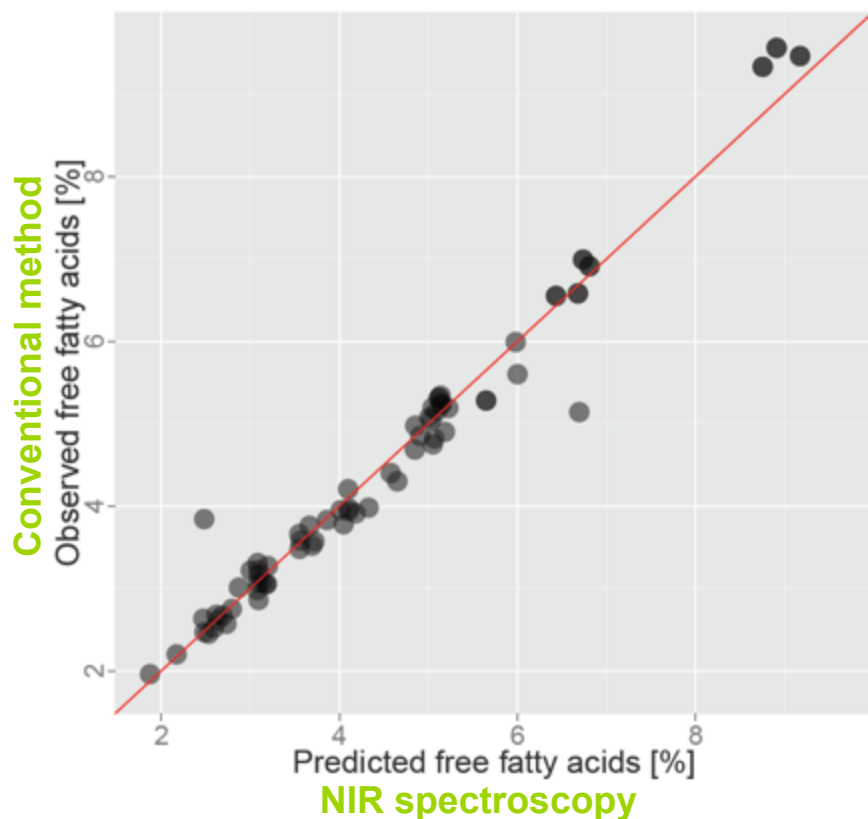
Support vector machines



validating the NIR predictions

Product: Crude palm oil

Resultados de la evaluación de la precisión/exactitud de las predicciones (validación del metodo)



No. muestras de validación: 75
R² = 97 % (precisión)
Error (medio cuadrático) = 0.32 %

using NIR spectroscopy: some examples

Product: Refined palm oil

Numero de muestras:

800

Origen:

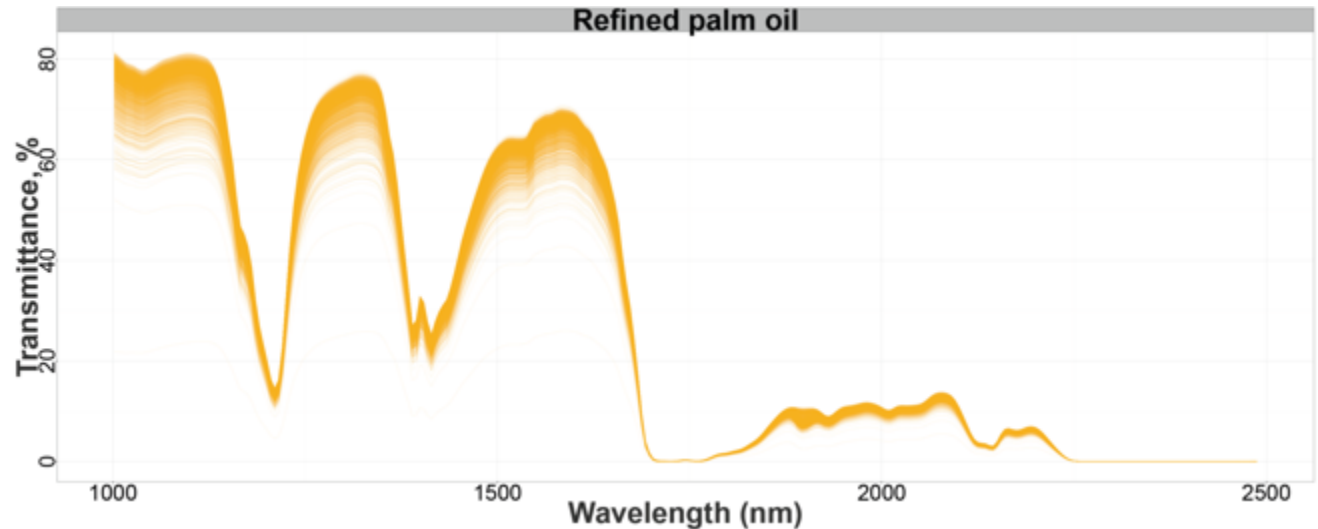
Indonesia

Variables:

Anisidine value, Peroxyde value

Metodos (estadisticos) de regresion/predicci3n de las variables:

Local regressions



using NIR spectroscopy: some examples

Product: Refined palm oil

Resultados de la evaluación de la precisión/exactitud de las predicciones (validación del metodo)

Anisidine value

No. muestras de validación: 569

$R^2 = 78\%$ (precisión)

Error (medio cuadrático) = 0.02 mg g^{-1}

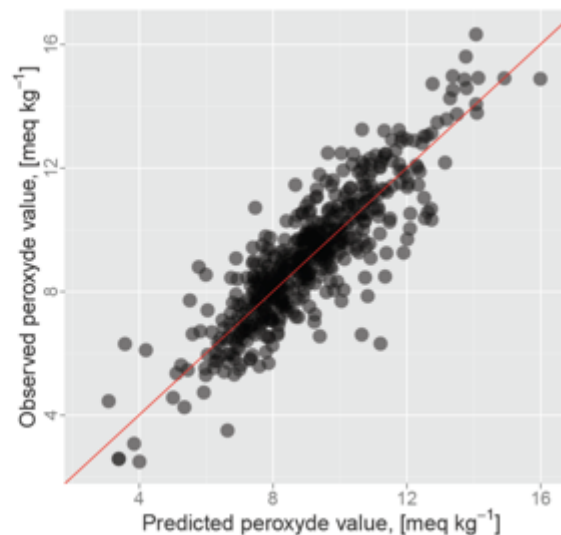
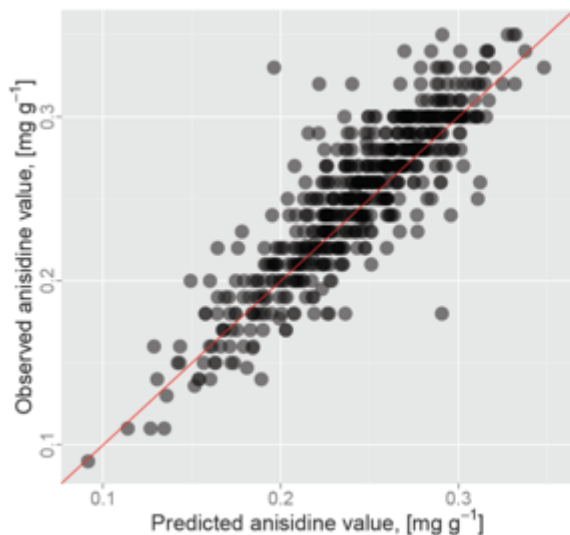
Peroxyde value

No. muestras de validación: 524

$R^2 = 76\%$ (precisión)

Error (medio cuadrático) = 1.05 meq kg^{-1}

Conventional methods



NIR spectroscopy

using NIR spectroscopy: some examples

Product: Kernel cake

Numero de muestras:

380

Origen:

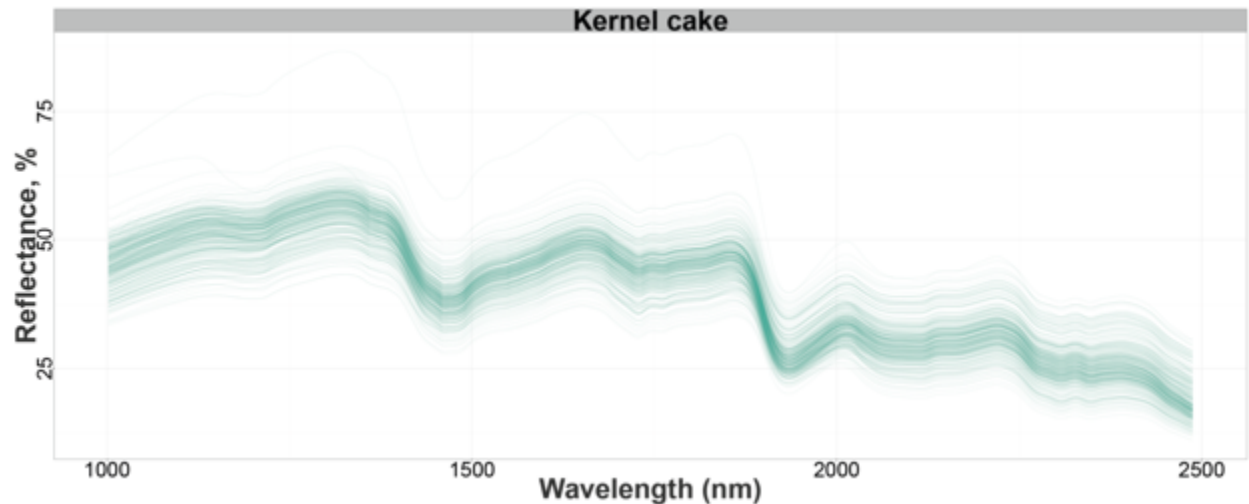
Malaysia

Variables:

*Fat content, fibre (%), moisture (%), neutral cellulase
gammanase digestibility (%), neutral detergent fibre (%),
protein (%)*

Metodos (estadisticos) de regresion/predicción de las variables:

Support vector machines, partial least squares





NIR-Online®

validating the NIR predictions

Product: Kernel cake



Resultados de la evaluación de la precisión/exactitud de las predicciones (validación del método)

Fat

No. muestras de validación : 95
 $R^2 = 98 \%$
Error (medio cuadrático) = 0.17 %

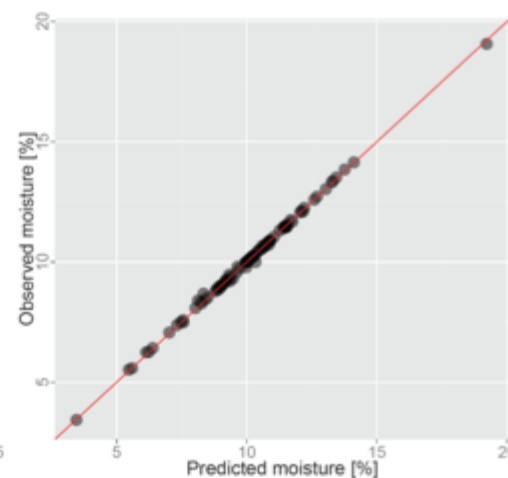
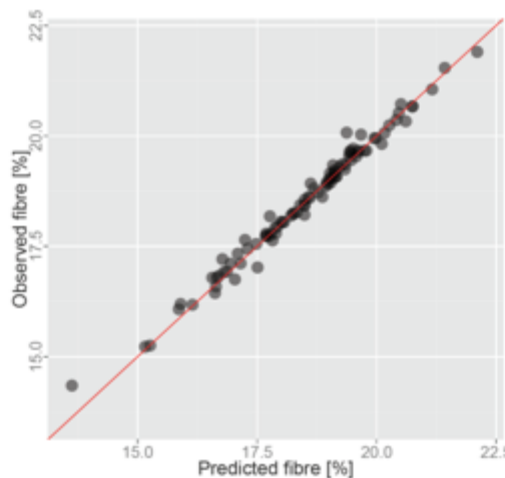
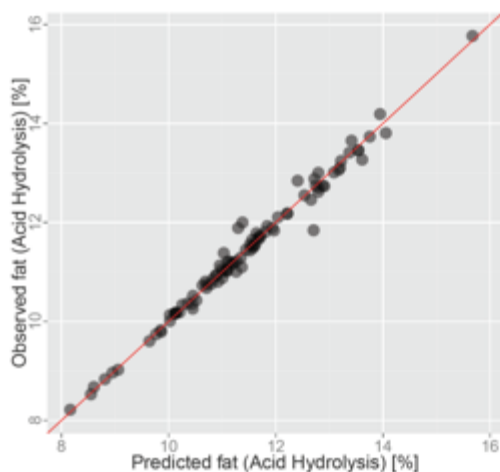
Fibre

No. muestras de validación : 95
 $R^2 = 98 \%$
Error (medio cuadrático) = 0.18 %

Moisture

No. muestras de validación : 95
 $R^2 = 99 \%$
Error (medio cuadrático) = 0.08 %

Conventional methods



NIR spectroscopy

validating the NIR predictions

Product: Kernel cake

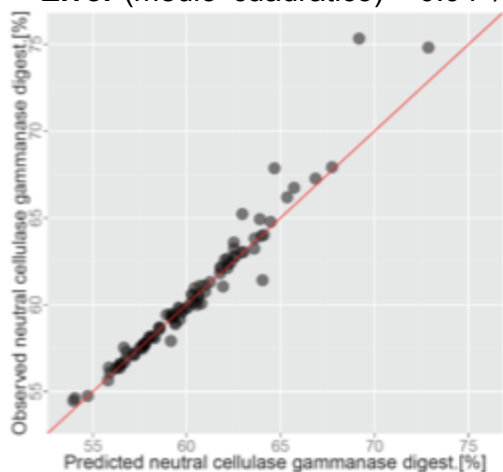


Resultados de la evaluación de la precisión/exactitud de las predicciones (validación del método)

**Neutral cellulase
gammanase
digestibility**

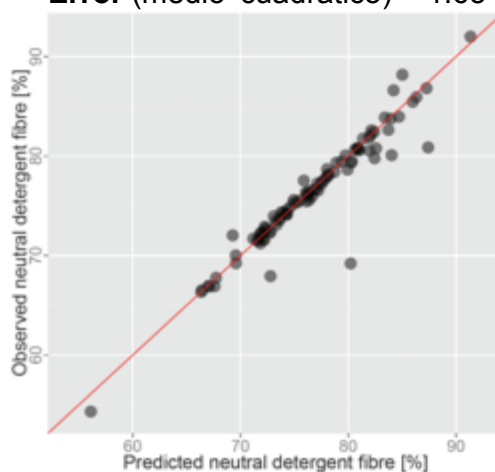
No. muestras de validación : 129
 $R^2 = 90 \%$
Error (medio cuadrático) = 0.94 %

Conventional methods



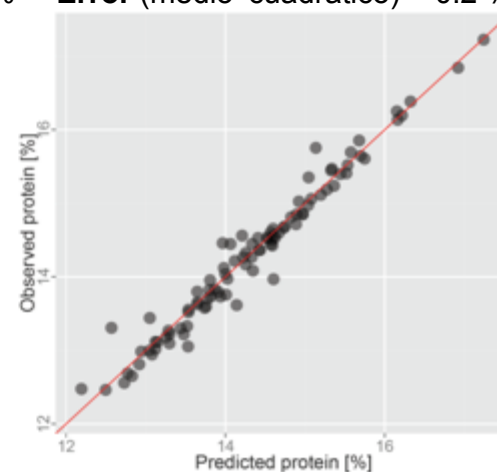
**Neutral detergent
fibre**

No. muestras de validación : 95
 $R^2 = 92 \%$
Error (medio cuadrático) = 1.65 %



Protein

No. muestras de validación : 95
 $R^2 = 96 \%$
Error (medio cuadrático) = 0.2 %



NIR spectroscopy

using NIR spectroscopy: some examples

Product: Refined palm oil

Numero de muestras:

512

Origen:

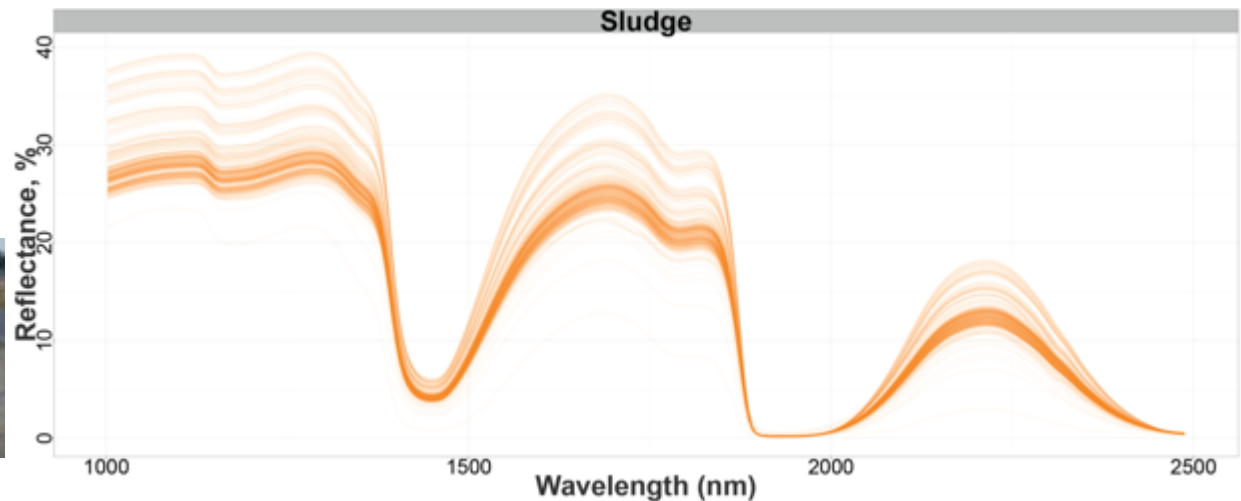
Malaysia

Variables:

Moisture (%), oil loss (%)

Metodos (estadisticos) de regresion/prediccion de las variables:

Local regressions



validating the NIR predictions

Product: Sludge

Resultados de la evaluación de la precisión/exactitud de las predicciones (validación del metodo)

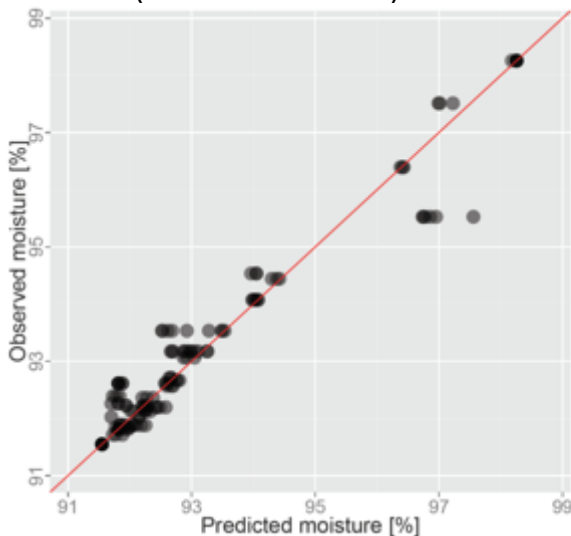
Moisture

No. muestras de validación: 129

$R^2 = 94\%$ (precisión)

Error (medio cuadrático) = 0.45 %

Conventional methods

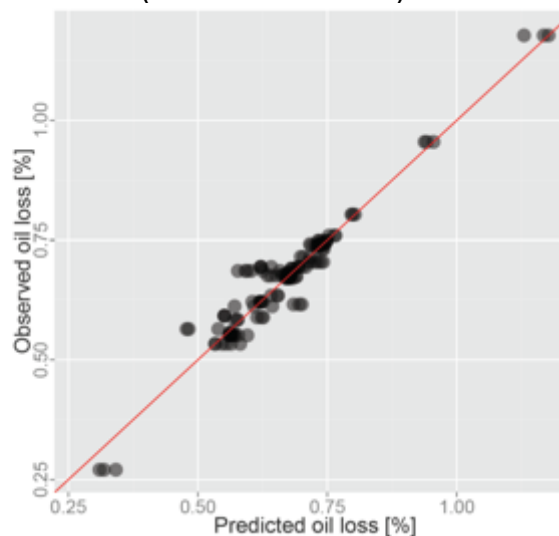


Oil loss

No. muestras de validación: 129

$R^2 = 94\%$ (precisión)

Error (medio cuadrático) = 0.03 %



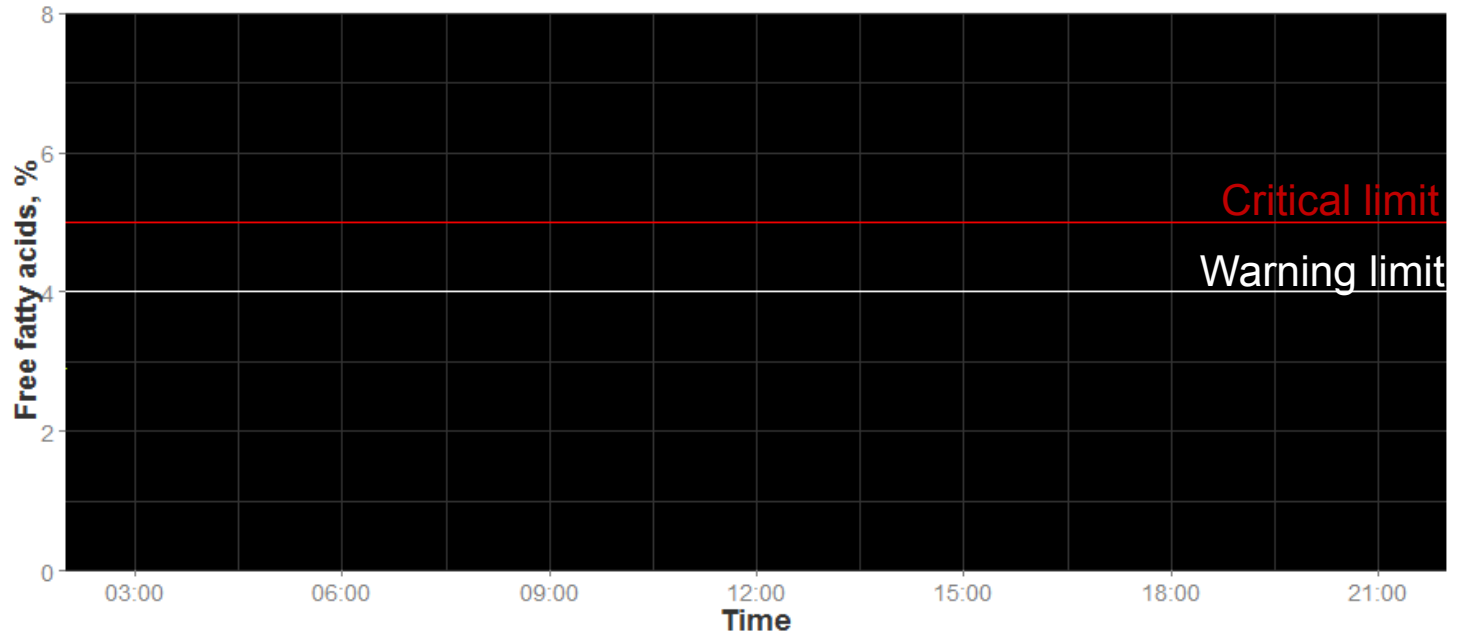
NIR spectroscopy



NIR-Online®

ultra-detailed monitoring using NIR models

Monitoring free fatty acids (FFA) en crude palm oil...



En la practica, la aplicación de la tecnología NIR permite obtener **mediciones en tiempo real** de variables clave en los procesos.

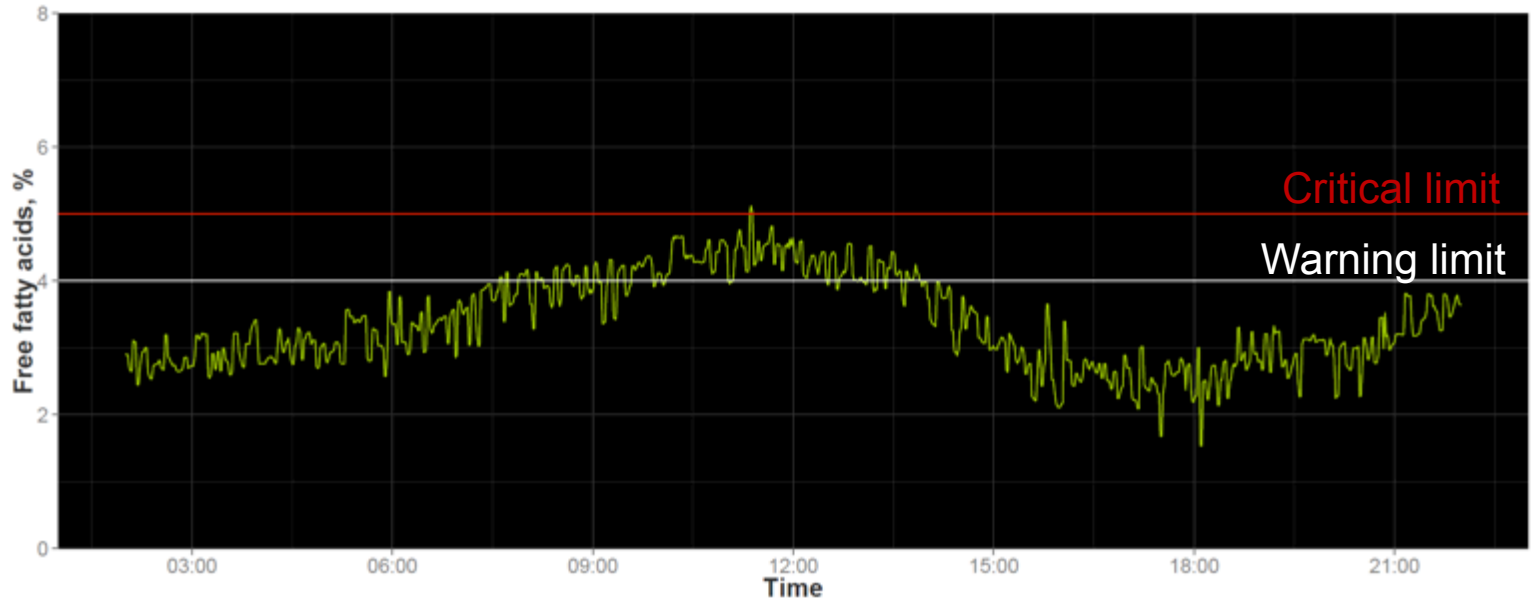
En este caso, se obtubieron mediciones cada 2 minutos (lo que equivale a **30 datos de FFA por hora**)



NIR-Online®

ultra-detailed monitoring using NIR models

Monitoring free fatty acids (FFA) in crude palm oil...



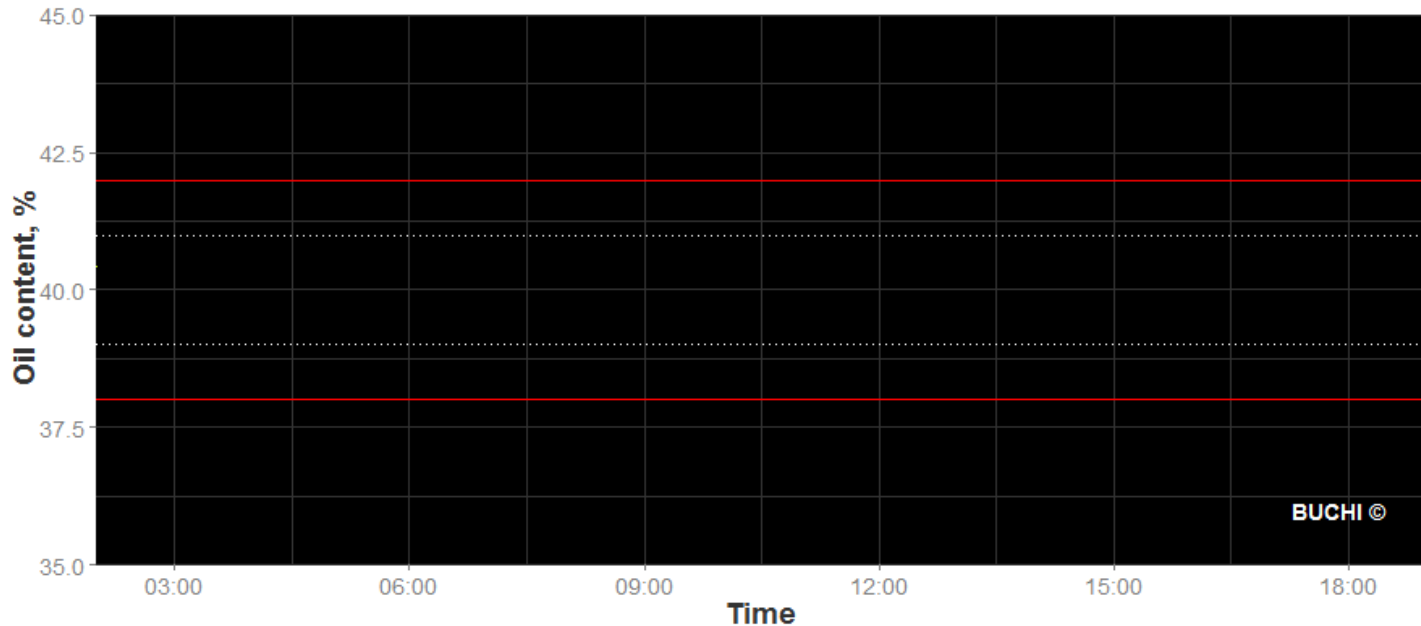
Este monitoreo ultra-detallado permite la **toma de decisiones oportunas** que pueden ayudar a reducir pérdidas



NIR-Online®

ultra-detailed monitoring using NIR models

Controlling water dilution in crude palm oil...

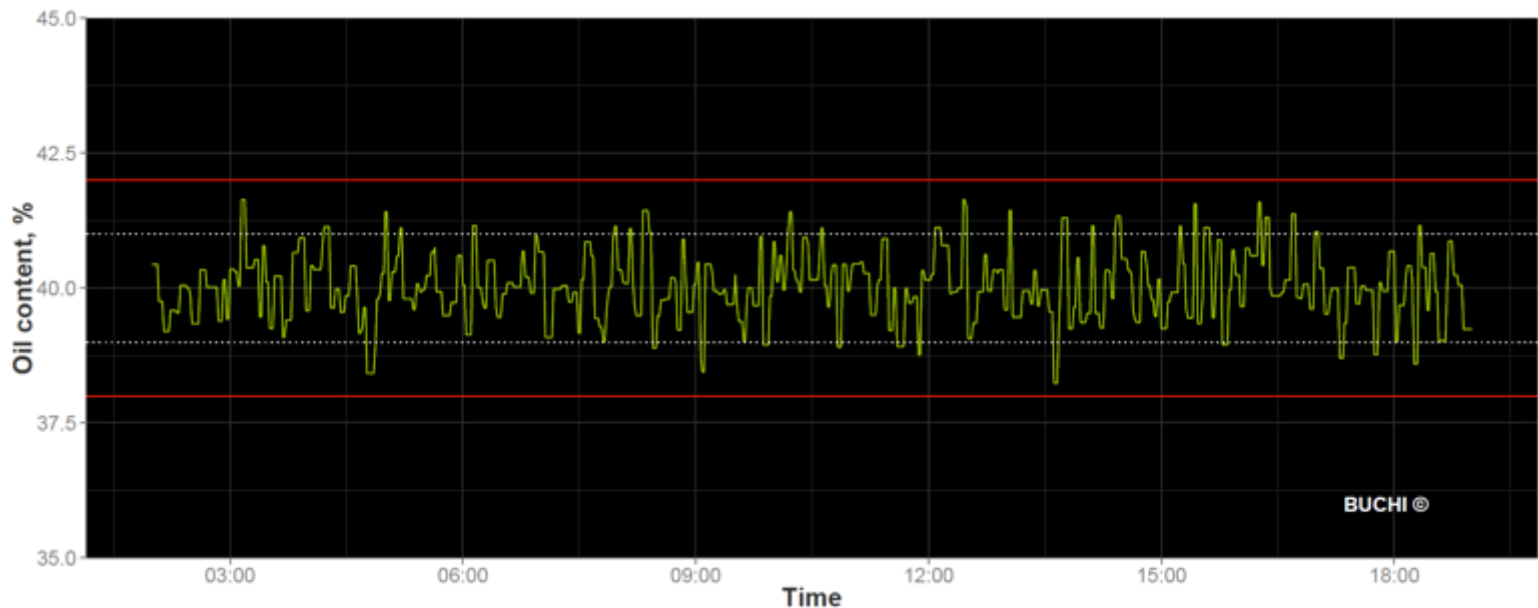


Achieving significant production savings...

En este caso, la dilusion de agua se puede realizar teniendo en cuenta el contenido de aceite, de esta forma **se garantiza que los contenidos de aceite varien unicamente dentro de un rango determinado**

ultra-detailed monitoring using NIR models

Controlling water dilution in crude palm oil...



Predicciones de multiples variables pueden realizarse al mismo tiempo si se tienen a disposición los modelos NIR de estas variables

La precisión y exactitud de estas predicciones depende de la calidad de los modelos NIR contruidos para estas variables



NIR-Online®

un ultimo ejemplo...

esta vez en canola (en Japon)...

Molino:

3.500 t cannola/dia (1.500 t aceite)

Perdia de aceite final es:

~1%

Objetivo:

Incrementar la extraccion de aceite en 0.1 %

400.000 t/año aceite

Precio:

800 €/t

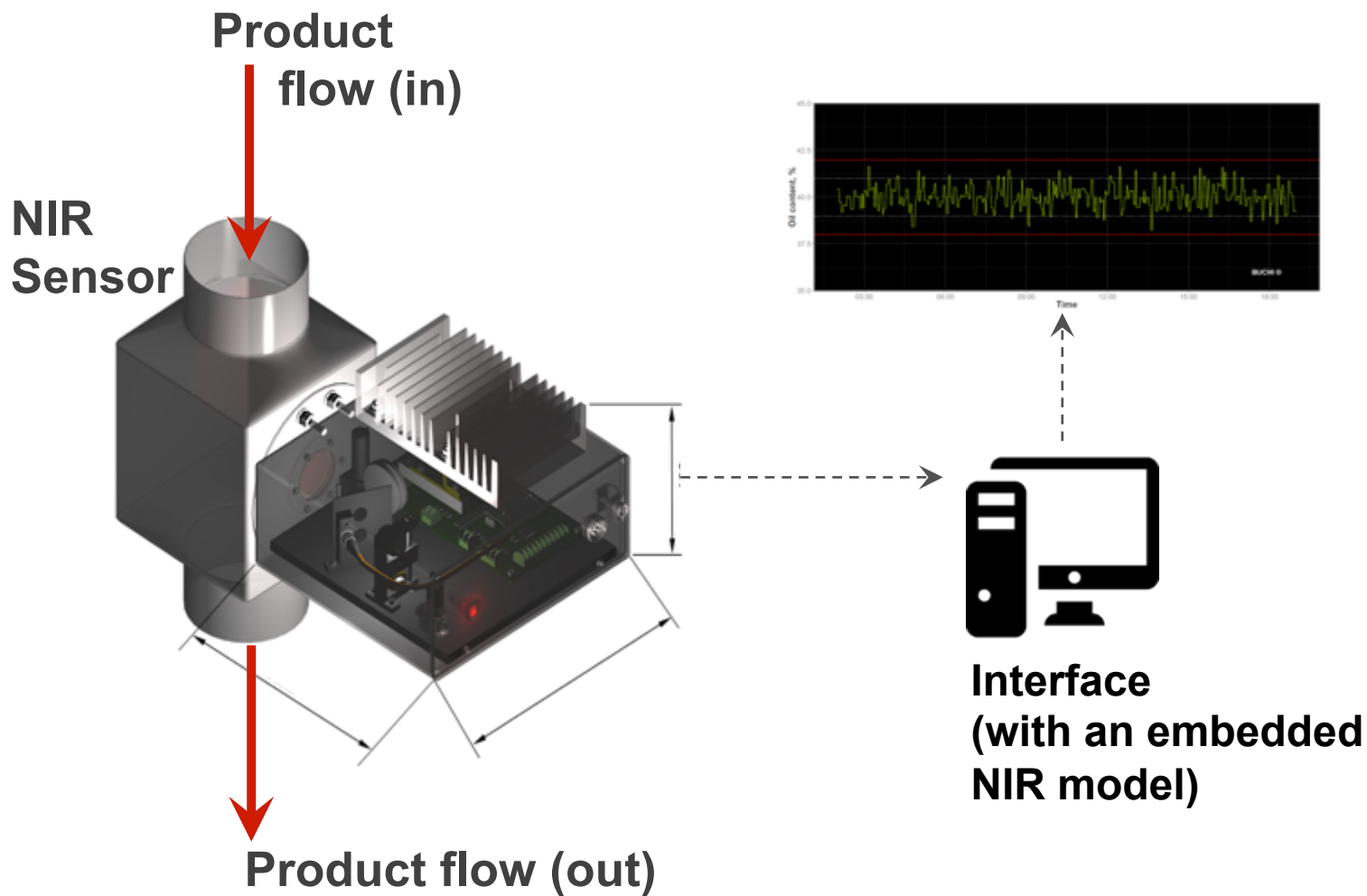
Retorno de inversión:

320.000 € mas por año (COP 1.115 millones/año)



NIR-Online®

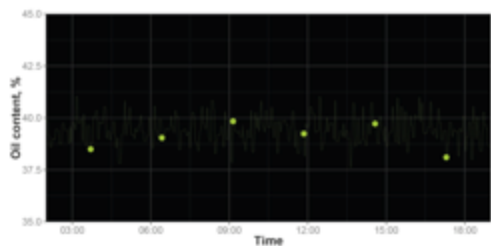
installation scheme



take home messages (I)

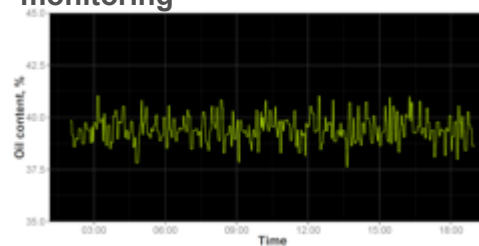
From discrete to ultra-detailed monitoring...

From discrete values once in a while



to

continuous process ultra-detailed monitoring



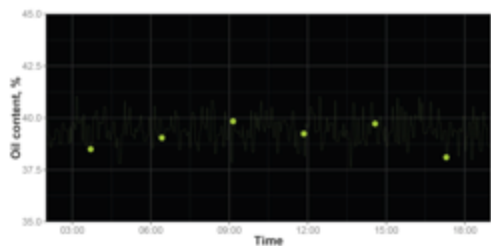


NIR-Online®

take home messages (I)

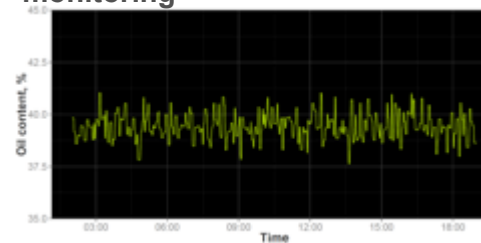
From discrete to ultra-detailed monitoring...

From discrete values once in a while

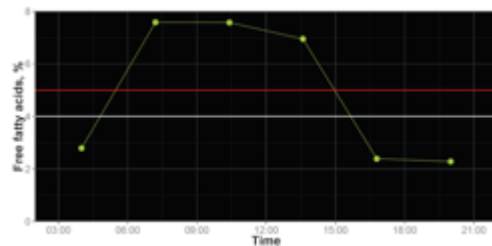


to

continuous process ultra-detailed monitoring

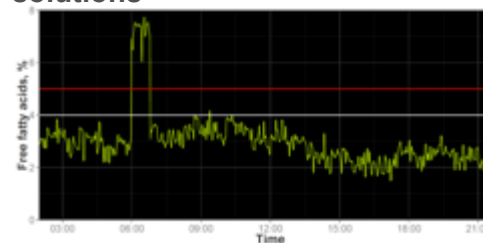


From (long lasting) undiscovered issues



to

immediate detection and opportune solutions



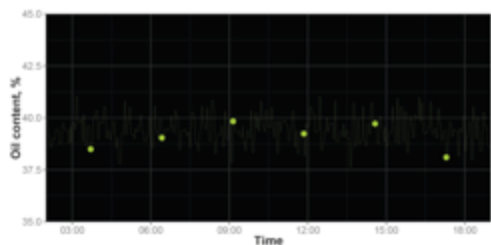


NIR-Online®

Take home messages (I)

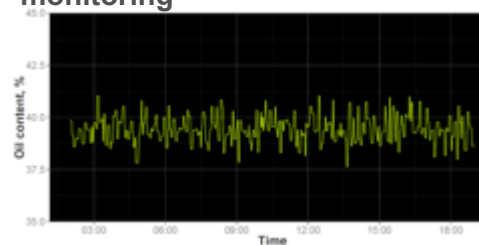
From discrete to ultra-detailed monitoring...

From discrete values once in a while

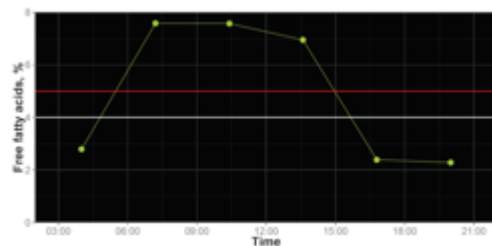


to

continuous process ultra-detailed monitoring

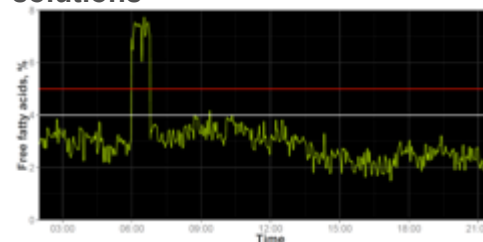


From (long lasting) undiscovered issues

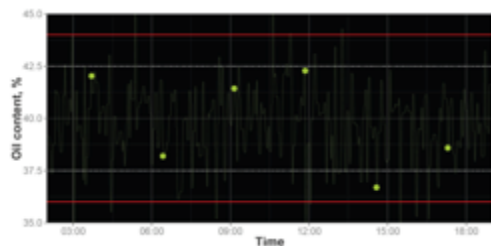


to

immediate detection and opportune solutions

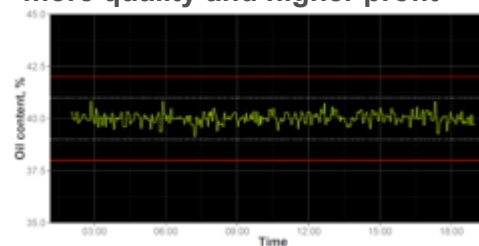


From wide safety thresholds



to

optimized thresholds leading to more quality and higher profit



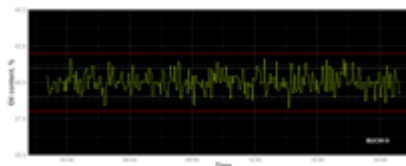
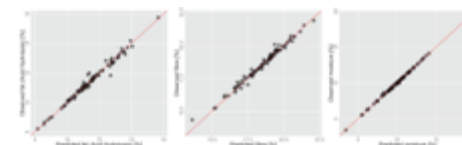
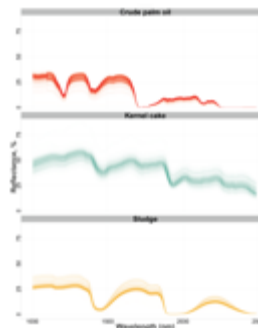
Take home messages (II)

Que se puede garantizar el uso de la tecnología NIR?

- Monitoreo permanente o ultra-detallado para el control de los procesos de producción
- Mejor visualización y documentación de lo que ocurre en la planta en términos de procesos
- Calidad consistente de los productos

Que se puede ahorrar usando tecnología NIR?

- Tiempo de producción
- Tiempo de análisis de muestras (varias variables pueden ser obtenidas al mismo tiempo y en cuestión de segundos)
- Fuerza de trabajo
- Materias primas
- Costos operacionales de laboratorio
- Perdidas de aceite



How can ultra-detailed process monitoring become feasible in oil palm industry by using NIR spectroscopy?

Leonardo Ramirez-Lopez, *Ph.D*

[Ramirez Lopez.L@buchi.com](mailto:Ramirez.Lopez.L@buchi.com)

BUCHI Labortechnik AG
Switzerland

Muchas gracias!

Preguntas
por favor!

