



Diseño de una metodología para la evaluación del espumado de detergentes a condiciones de lavado a mano para la población peruana

Br. Isabel C. Esperante C.

Tutor Académico: Prof. Wadou Baré

Tutores Industriales: Ing. Isabel Greaves

Ing. Nabil Salman

CONTENIDO

- Introducción y Planteamiento del Problema
- Objetivos
- Revisión Bibliográfica
- Metodología
- Plan de Experiencias y Descripción de Equipos
- Análisis de Resultados
- Conclusiones y Recomendaciones

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- La espuma es un parámetro de suma importancia en la evaluación del desempeño de un detergente por los consumidores.

- Actualmente, no existe un método que reproduzca a similitud el comportamiento de la espuma de un detergente bajo condiciones de lavado a mano.



- **Perú** es uno de los mercados de poder adquisitivo bajo, más importantes en la actualidad para la compañía *Procter & Gamble*.

OBJETIVOS

General:

Diseñar una metodología técnica de espumado para simular el comportamiento de lavado a mano durante todas sus etapas.

Específicos:

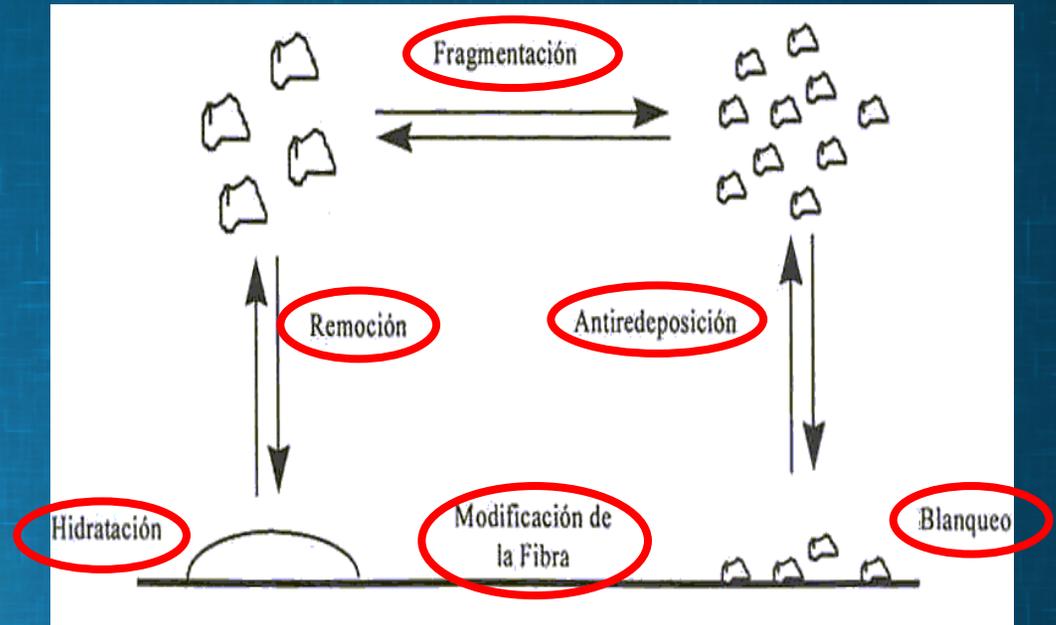
- Estudiar los diferentes métodos para pruebas con espumas existentes en la *Procter & Gamble* y a nivel industrial.
- Adaptar técnicas de medición existentes a las condiciones de lavado a mano.
- Determinación de la Concentración Micelar Crítica para evaluar el espumado de los detergentes.
- Relación entre análisis técnico y análisis a través de panel de consumidoras.

MARCO TEÓRICO

Detergencia: eliminación de sucios de sustratos (fibras).

Mecanismo General de la Detergencia:

- 1) Hidratación
- 2) Fuerzas mecánicas y químicas
- 3) Fragmentación
- 4) Antirredeposición
- 5) Blanqueo
- 6) Modificación de las fibras

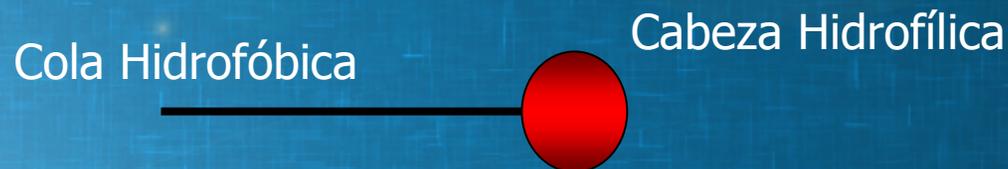


MARCO TEÓRICO

Ingredientes Activos: Bloques de Tecnología

Surfactantes:

- Son agentes tensoactivos.
- Son sustancias anfífilas, poseen una parte polar (hidrófila) y una parte apolar (hidrófoba).

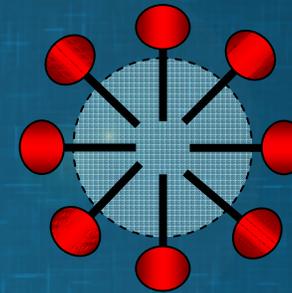


- Se clasifican en: aniónicos, catiónicos, noiónicos y anfotéricos.

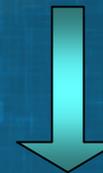
MARCO TEÓRICO

Surfactantes en Solución Acuosa

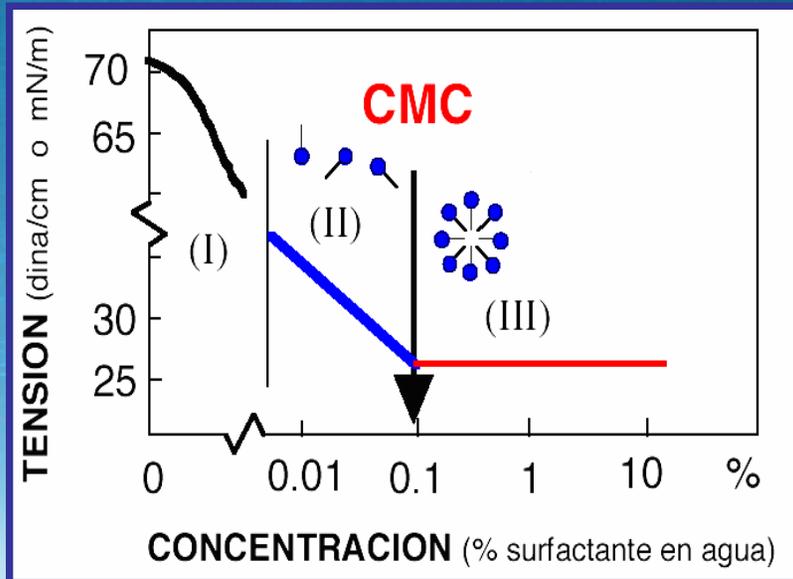
Formación de Micelas



Micela



**Concentración
Micelar Crítica**

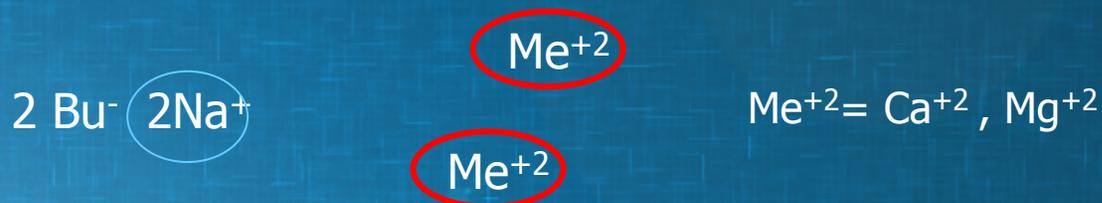


MARCO TEÓRICO

Ingredientes Activos: Bloques de Tecnología

Secuestradores de Dureza (*Builders*):

- Suavizantes del agua, fuente de alcalinidad y actividad antirredepositante.

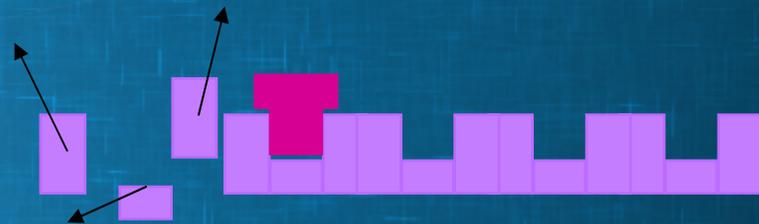


Enzimas

- Proteínas de acción específica.

Actúan sobre:

- ✓ Amilasa: almidones
- ✓ Proteasa: proteínas
- ✓ Lipasa: grasa
- ✓ Celulasa: sucio corporal



MARCO TEÓRICO

Ingredientes Activos: Bloques de Tecnología

Blanqueadores

- Agentes oxidantes.
- Descomponen el sucio en moléculas más pequeñas.
- Agentes activos.



Polímeros

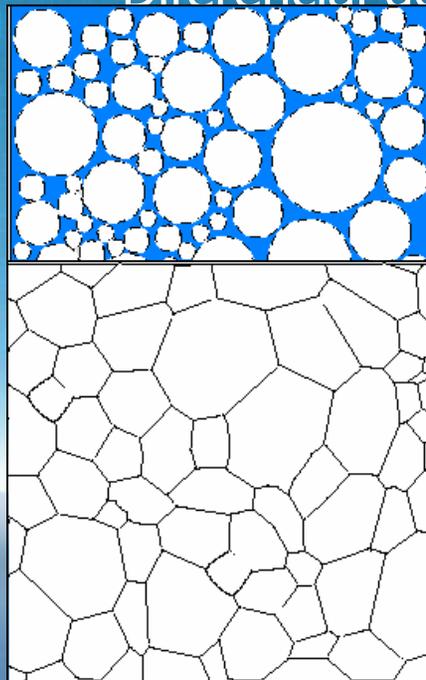
- Removedores de sucio.
- Antirredepositantes.
- Inhibidores de transferencia de color



MARCO TEÓRICO

Principios básicos de las Espumas

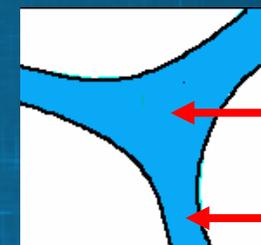
- ✓ Gas a través de un líquido
- ✓ Introducción de gas
- ✓ Diferencial de presión



nica



Húmeda ← 10 – 20 %
← < 10 %
Seca ←



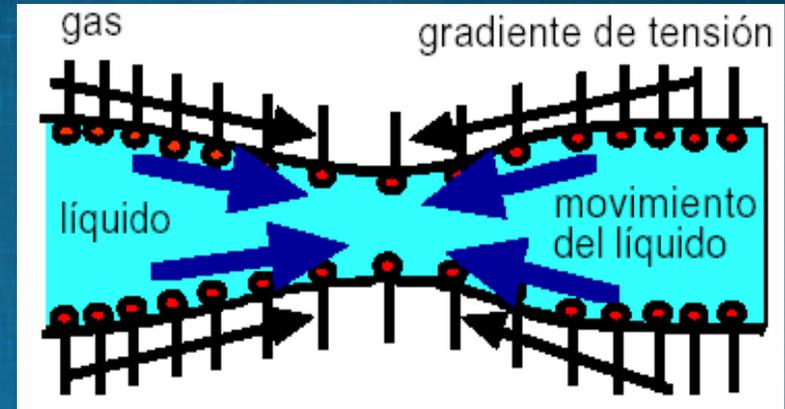
Borde de Plateau
lamella

MARCO TEÓRICO

Formación de la Espuma

Efecto Gibbs-Marangoni →

$$\varepsilon = 2 \frac{d\gamma}{d \ln A} = -2 \frac{d\gamma}{d \ln \Gamma}$$



- ✓ Estiramiento y gradiente de tensión
- ✓ Restauración por desplazamiento lateral
- ✓ Restauración por adsorción de la película
- ✓ Desplazamiento del equilibrio superficie-solución

MARCO TEÓRICO

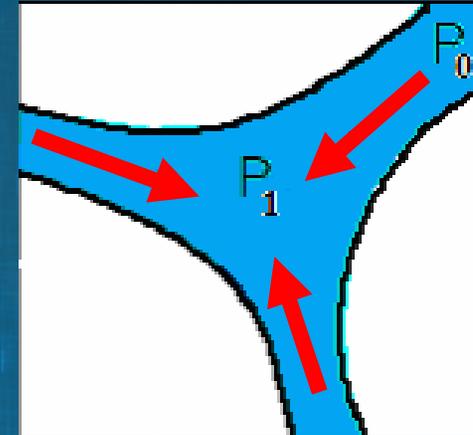
Maduración de la Espuma

- Drenaje del líquido y Succión Capilar

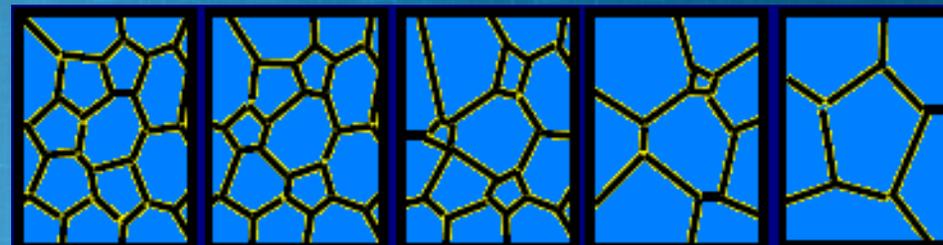
$$P_0 > P_1$$



Fuerza Motriz



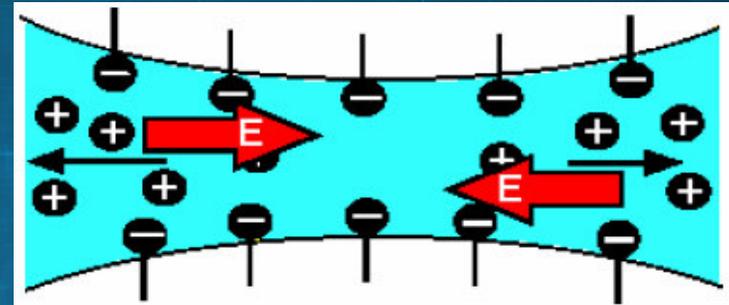
- Difusión gaseosa intra-burbuja: Maduración de Ostwald



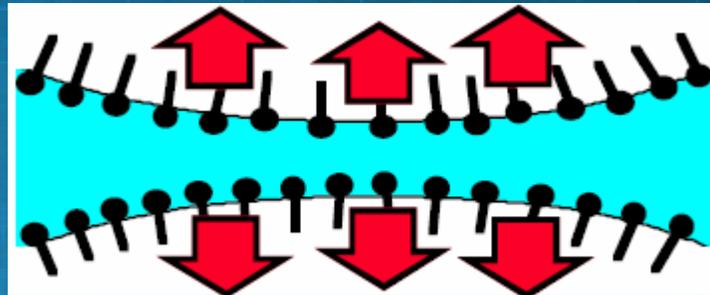
MARCO TEÓRICO

Persistencia de la Espuma

- Doble Capa Eléctrica



- Repulsiones



- Energía de Interacción Total: La Teoría de DLVO

METODOLOGÍA

- Revisión bibliográfica: Detergencia y Bloques de Tecnología
- Investigación de Tecnologías en la medición de espuma
- Familiarización y entrenamiento para el uso de los equipos
- Realización de experiencias
- Pruebas finales de espumado
 - Determinación de la Concentración Micelar Crítica
 - Análisis de Resultados.
 - Redacción y presentación del informe



DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

✓ Cilindros Giratorios



Altura: 31 cm.
Diámetro externo: 10,1 cm.
Espesor: 0,6 mm.

✓ Divisor de Muestras (Pascall)



✓ Tensiómetro de Superficie



✓ Conductímetro y pHmetro

✓ Medidor de fricción (Compression Tester)

PRUEBAS PRELIMINARES



**Condiciones de agua y
concentración de Perú**



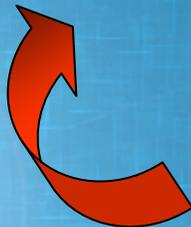
**Agitación/Nº de
Revoluciones de los
cilindros.**



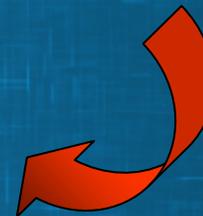
**Evaluación del Método
de Cilindros Giratorios**



**Cantidad y
composición del sucio
en una carga de lavado**



**Cantidad y
composición de una
carga de lavado.**

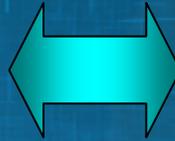


PRUEBAS PRELIMINARES- Revoluciones/Agitación

Información sobre las
consumidoras:

Generación: ~20 s.

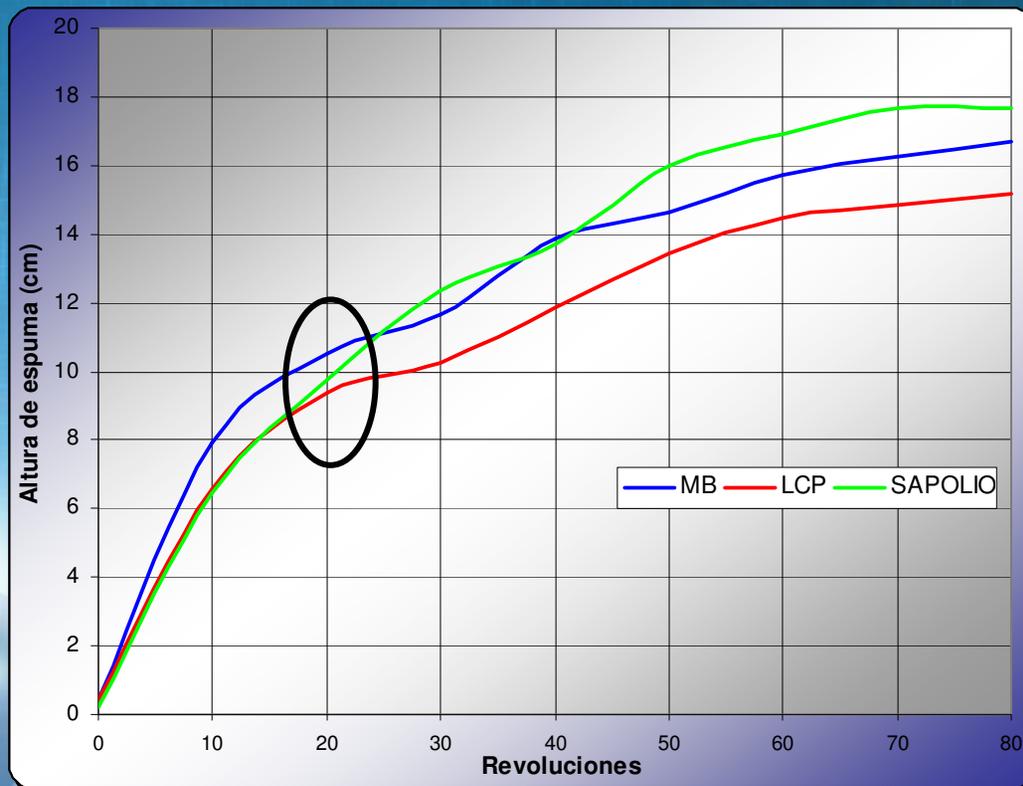
Tiempo de lavado: ~ 12 min.



Variables de la Prueba:

Generación: 20 Revs~55 s.

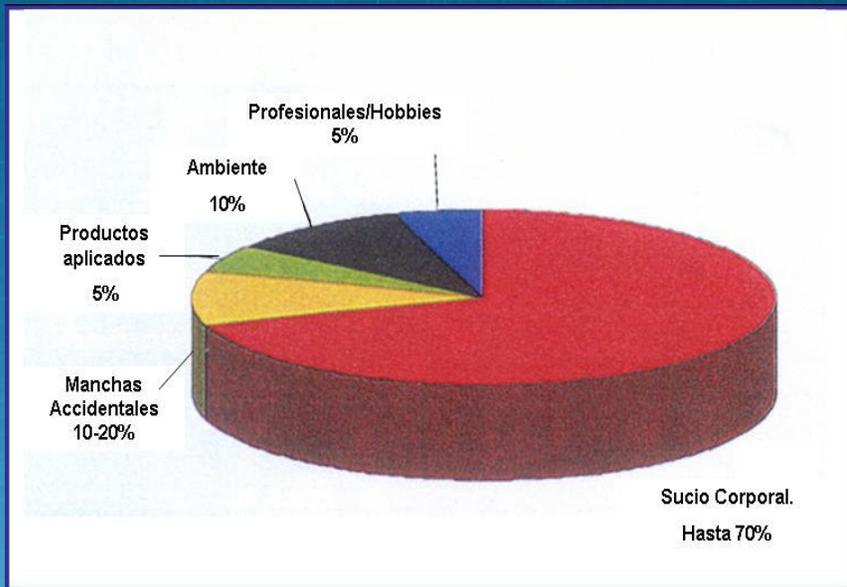
Tiempo de lavado 280 Revs~ 12 min.



➤ En 20 Revs el Método mostró discriminación entre los productos muestreados

PRUEBAS PRELIMINARES- Adición de Sucio

Composición del sucio en una carga de lavado:



Grupos:

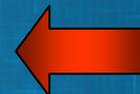


70% Sucio Corporal

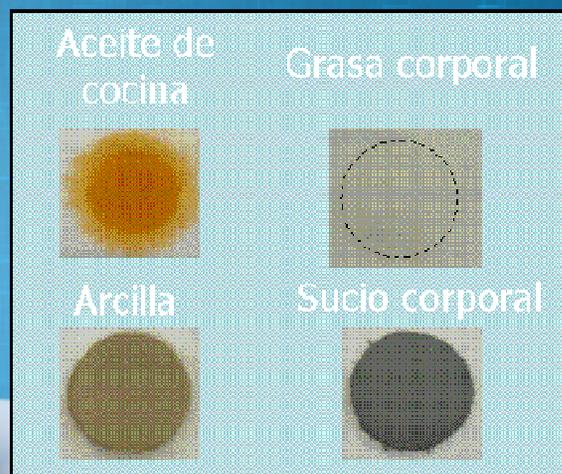
30% Manchas del "día a día"



Sucio Artificial



Telas con manchas



PRUEBAS PRELIMINARES- Adición de Sucio

Cantidad de Sucio en una carga de lavado:

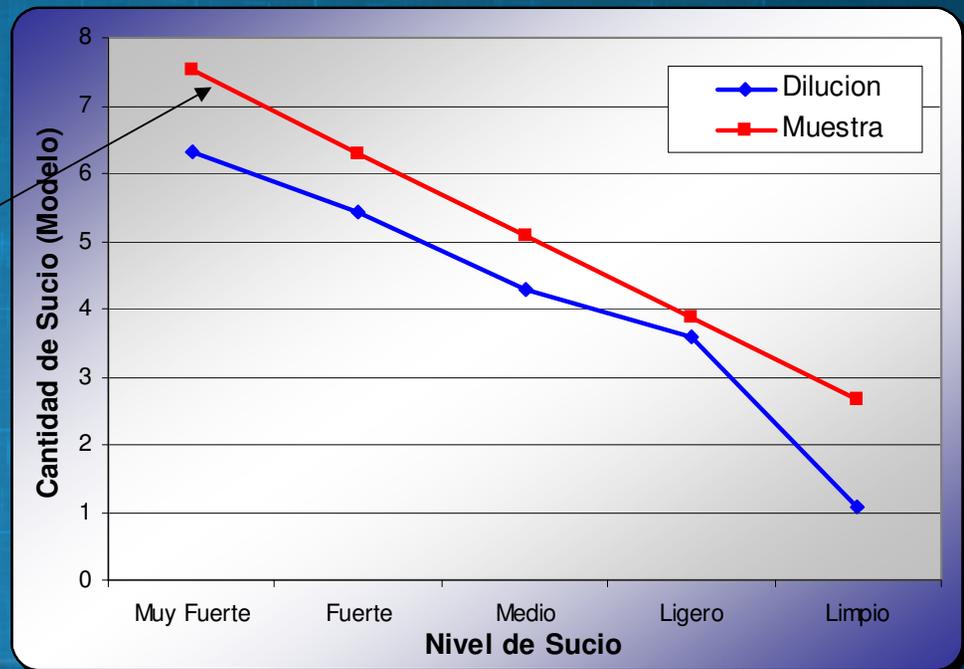
	Conductividad (mS/cm)	pH
Sucio Artificial	0,792	7,75
Telas manchadas	0,884	8,24



Correlación matemática

$$\text{Nivel de Sucio} = 14.7 - 0.75 * (\text{pH}/\text{Cond.})$$

**Nivel de sucio
Muy Fuerte**



PRUEBAS PRELIMINARES- Carga de Lavado

Relación agua:ropa en el lavado: *8:1*

Composición de la carga de lavado:

70 % Algodón

15 % Polialgodón

15 % Poliéster



MÉTODO OPTIMIZADO

● Etapa de Generación: *20 Revoluciones ~ 55 segundos*

● Etapa de Lavado y Re-uso: *280 Revoluciones ~ 12 minutos*

● Sucio a adicionar: *4 ¼ manchas*

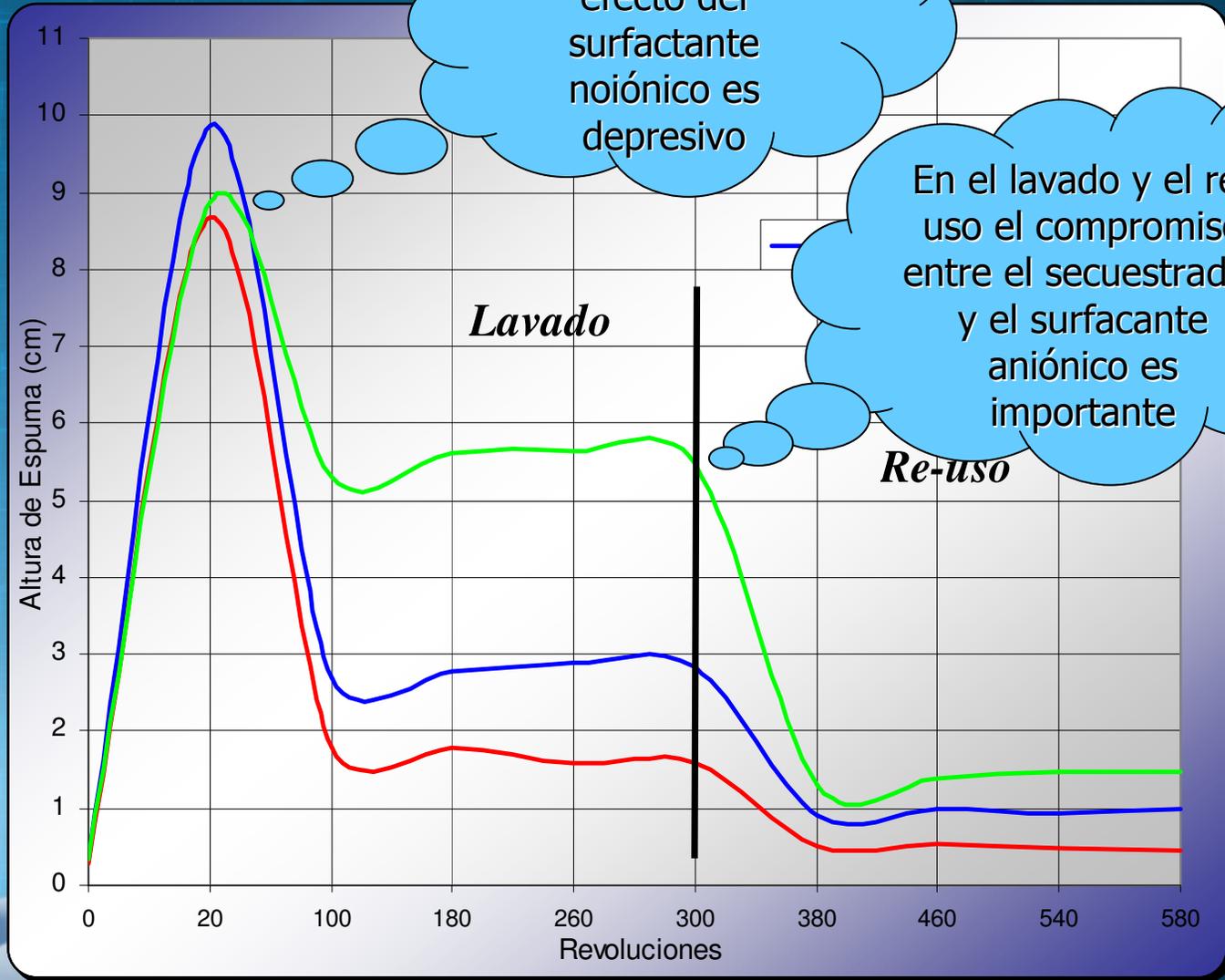
{
1 Aceite de Cocina
1 Arcilla
1 Sucio corporal particulado
1 ¼ Sucio corporal graso

● Carga de Lavado: *18,75 g.*

{
70% Algodón
15% Polialgodón
15% Poliéster

RESULTADOS

Magia Blanca, LCP+ y Sapolio



En la generación el efecto del surfactante noiónico es depresivo

En el lavado y el re-
uso el compromiso
entre el secuestrador
y el surfacante
aniónico es importante

Lavado

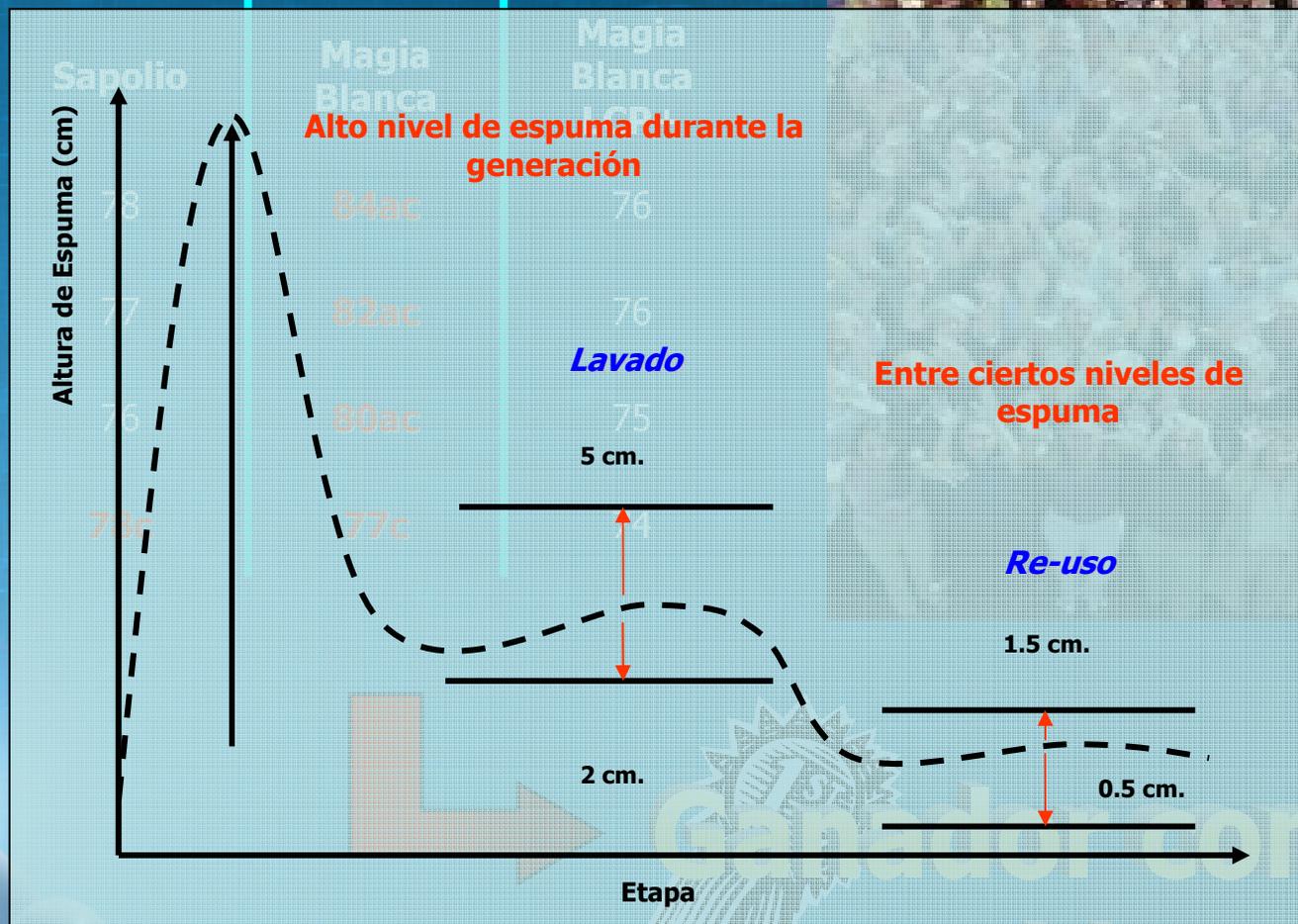
Re-uso

RESULTADOS

Magia Blanca

Modelo de Espuma Ideal

- Espuma al disolver
- Espuma al restregar
- Espuma al lavar
- Espuma al enjuagar

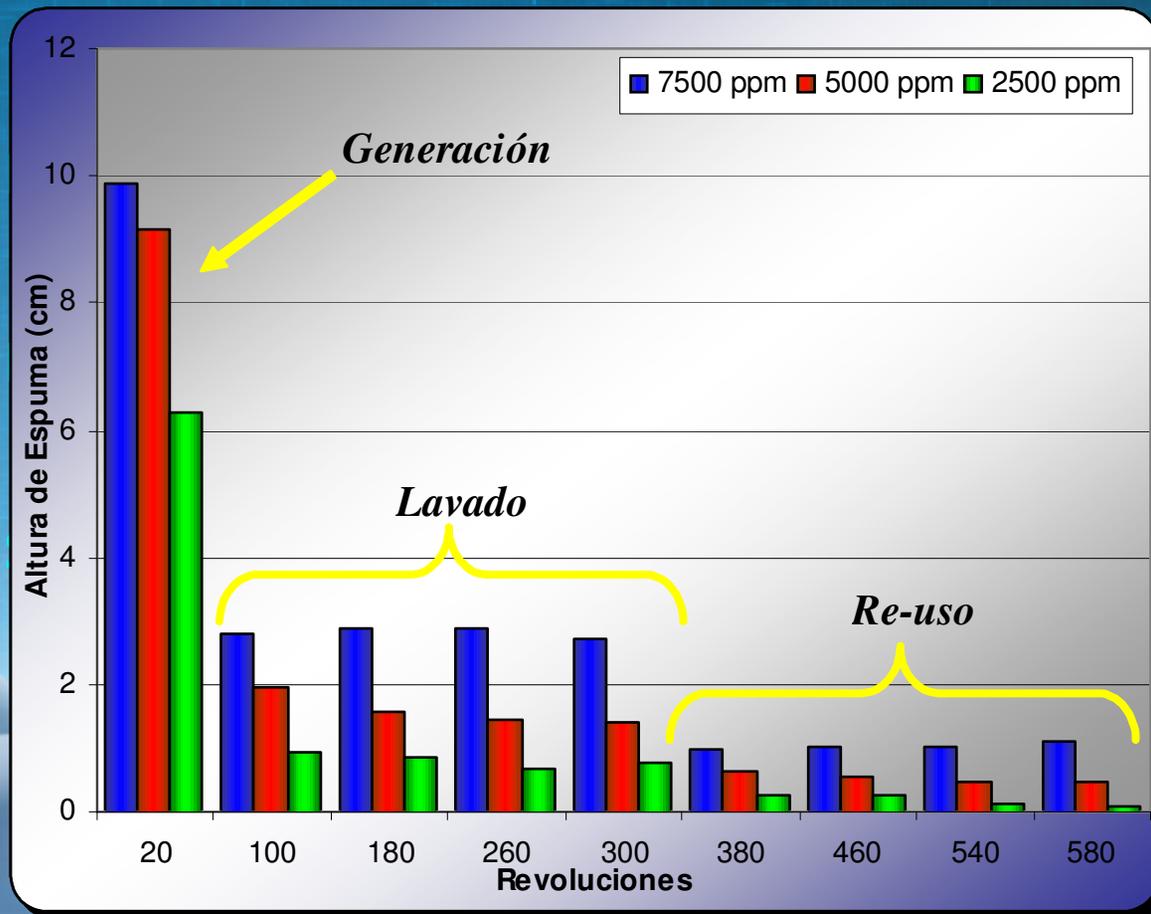


Ganador con consumidores

RESULTADOS - Validación



Se realizó bajo la supervisión del Departamento de Aseguramiento de Calidad de la compañía **Procter & Gamble**



RSD ≤ 15%

Cumple con la hipótesis: A mayor concentración de detergente mayor nivel de espuma

3 Niveles de Concentración

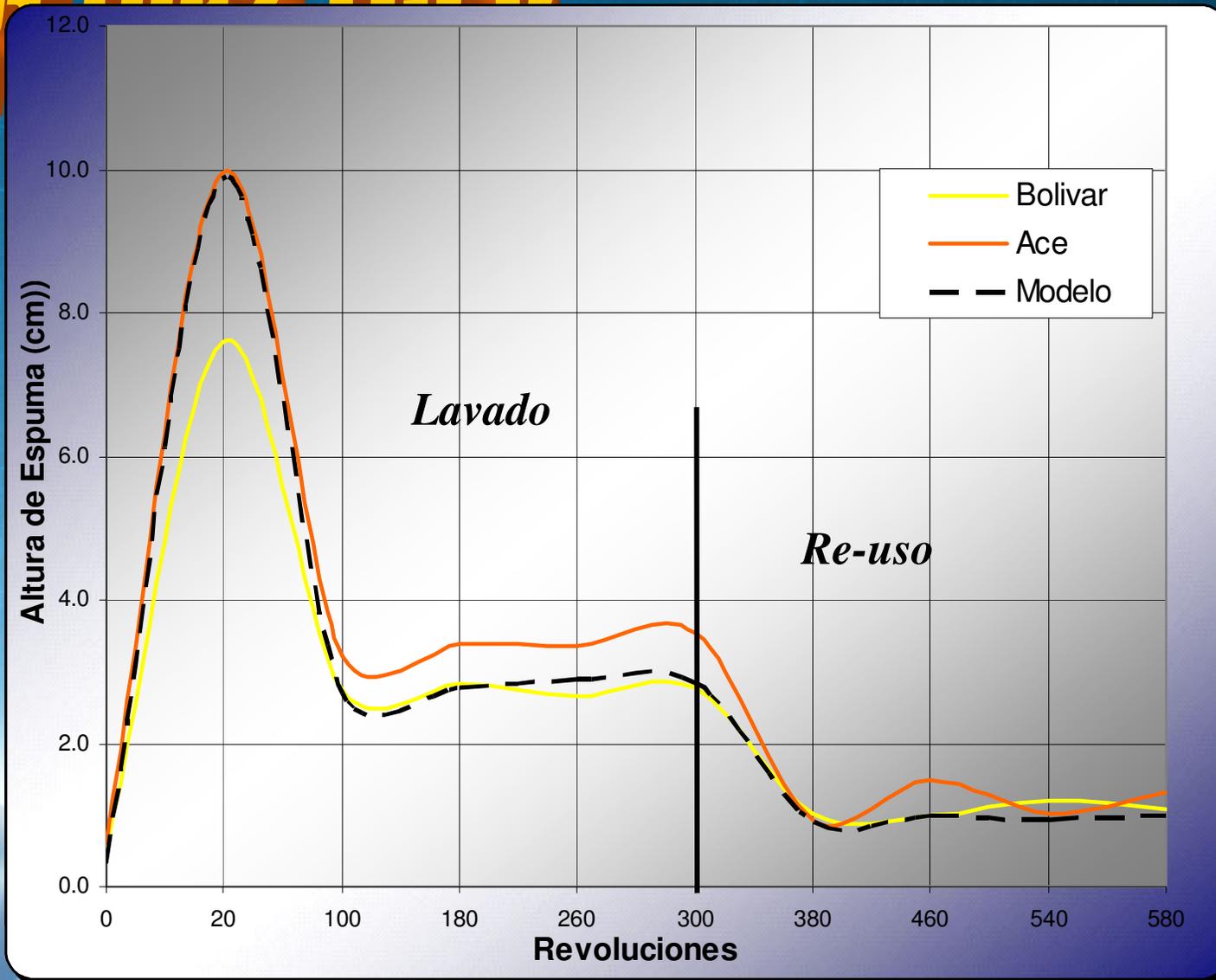
RESULTADOS



vs.

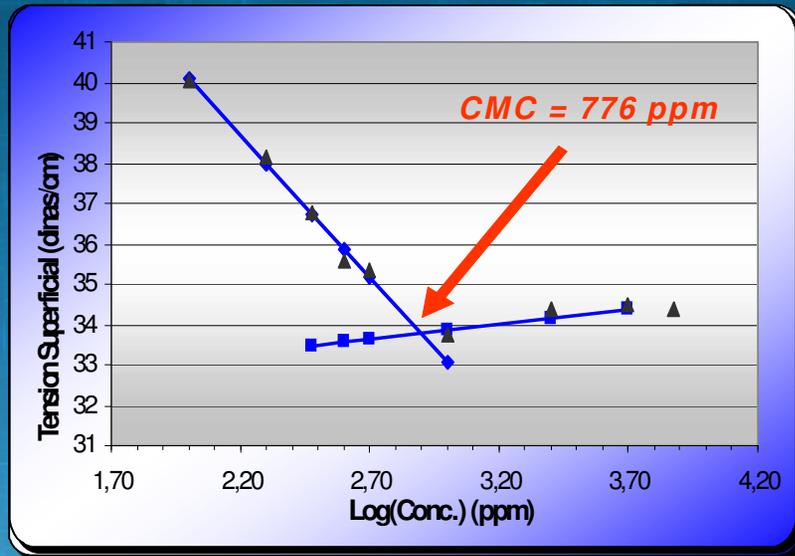


LCP1 LCP2 LCP3

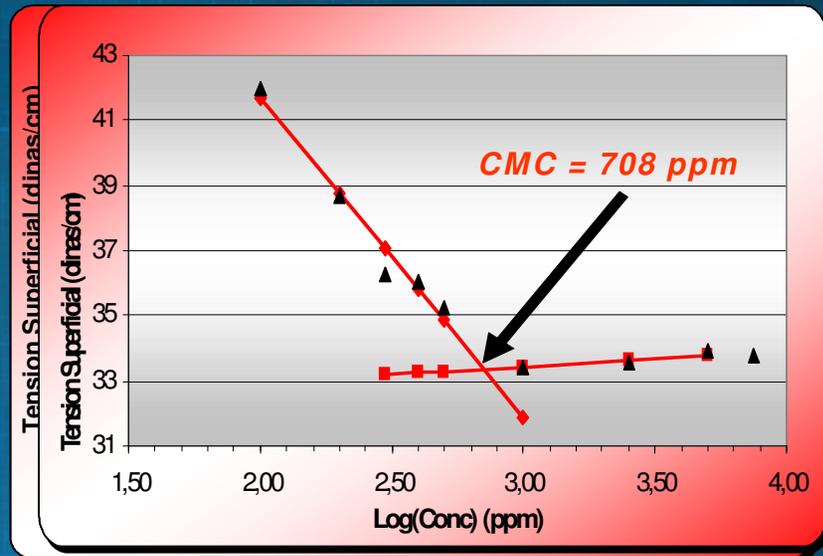


RESULTADOS- Concentración Micelar Crítica

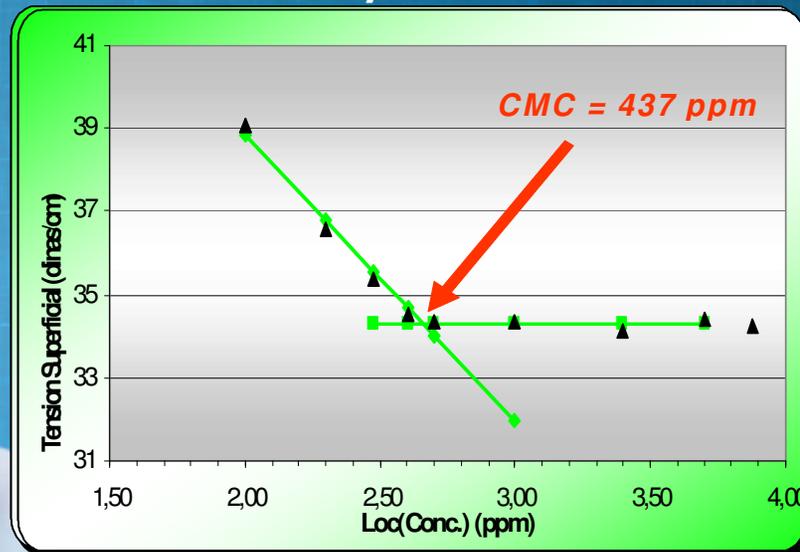
Magia LCP1, Previous



LCP2



S, LCP3



RESULTADOS- Pruebas Adicionales

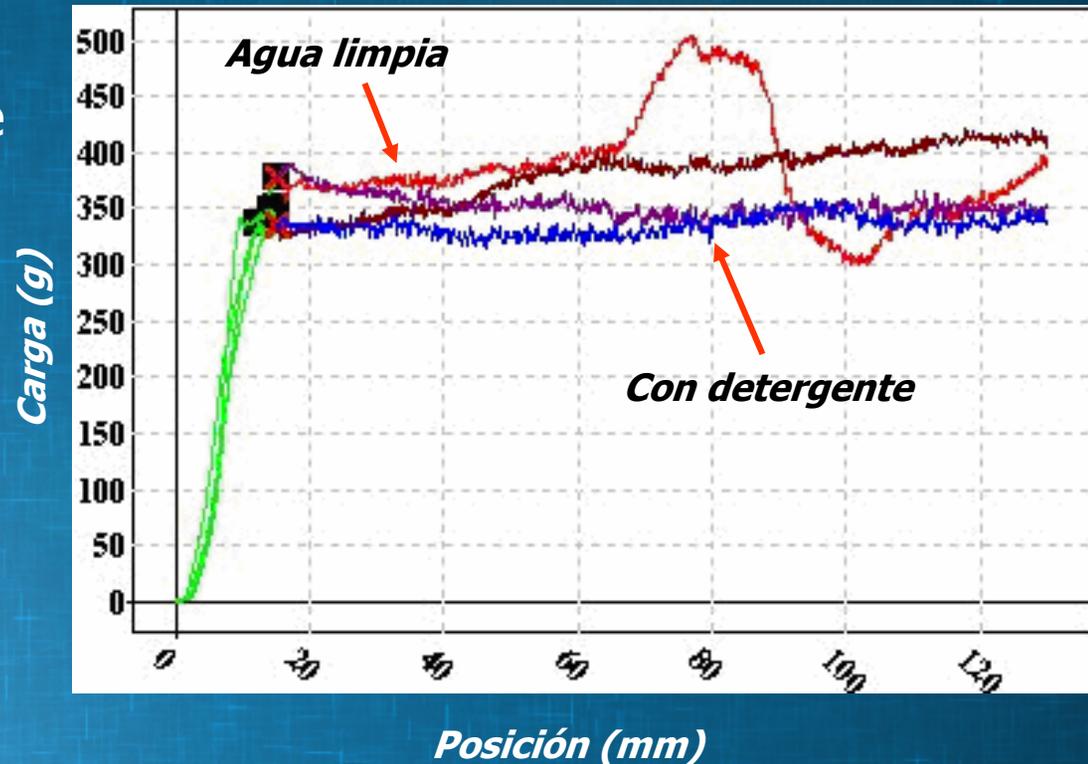
PRUEBAS DE ENJUAGABILIDAD – *Pruebas de Fricción*

Pruebas de fricción sobre telas:

→ *Con detergente*

→ *Agua limpia*

➤ *Las diferencias entre los casos no son significativamente diferentes*

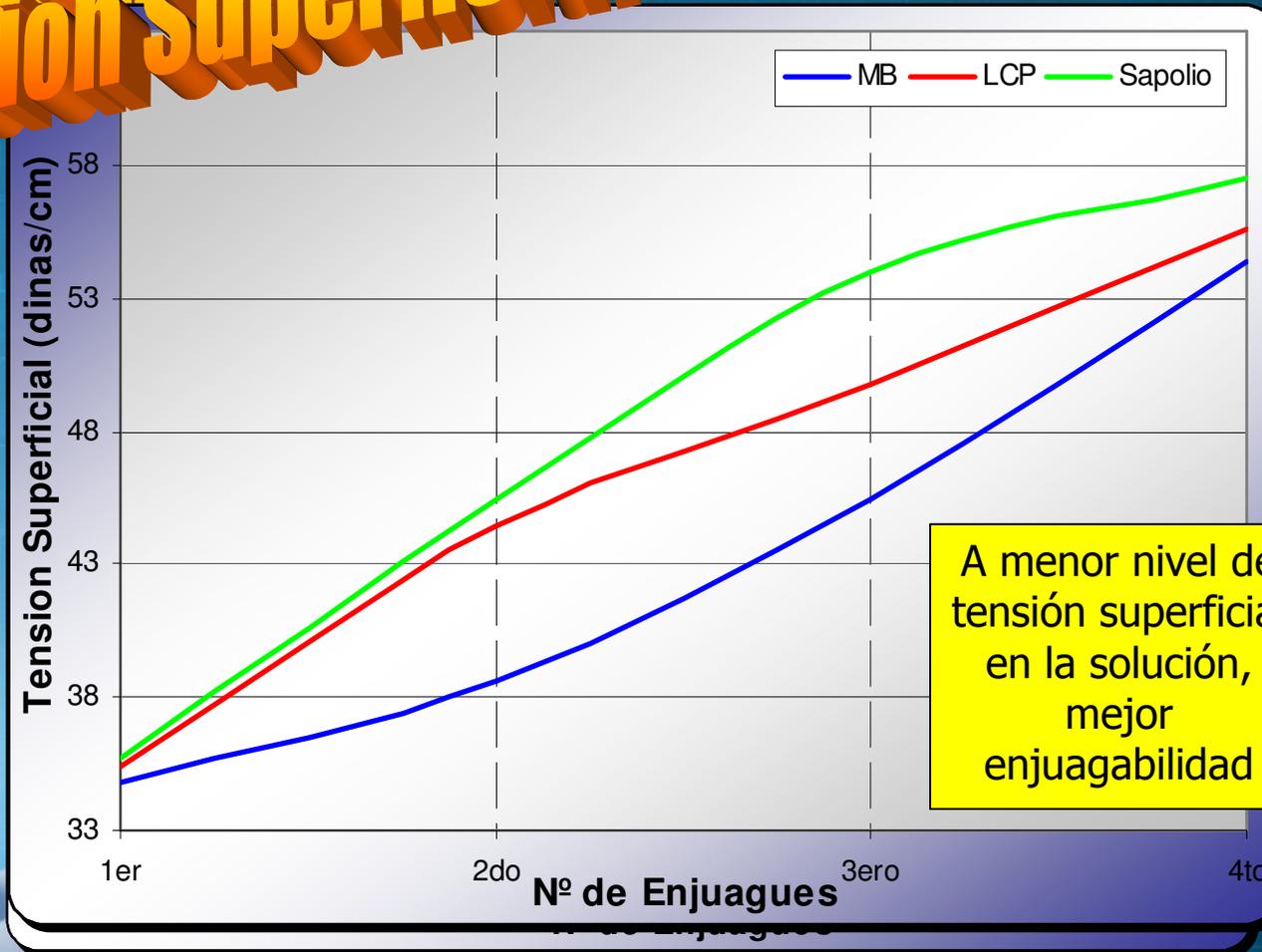


Sample	Static COF	Kinetic COI ▲
COF PRUEBA DETERG.5	1.749	1.675
COF PRUEBA DETERG.4	1.887	1.766
COF PRUEBA DETERG.3	1.681	1.905
COF PRUEBA DETERG.2	1.754	1.930

RESULTADOS- Pruebas Adicionales

PRUEBAS DE ENJUAGABILIDAD – *Pruebas de Conductividad y Tensión Superficial*

Conductividad y Tensión Superficial



A menor nivel de tensión superficial en la solución, mejor enjuagabilidad

CONCLUSIONES



- ✓ Se obtuvo un modelo predictivo del perfil de espuma para futuras evaluaciones de formulaciones en Perú.
- ✓ La etapa de generación de espuma durante el lavado es uno de los parámetros de mayor importancia en la aceptación de un detergente por los consumidores.
- ✓ El nivel de surfactante no-iónico posee una relación inversa a la altura de la espuma durante la etapa de generación, a mayor nivel de surfactante no-iónico, menor el nivel de espuma durante ésta etapa.
- ✓ Durante las etapas de lavado y re-uso, el nivel de espuma es importante mientras se encuentre entre los límites propuestos.
- ✓ A mayor nivel de secuestrador de dureza menor cantidad de iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} , por lo tanto mayor cantidad de moléculas libres de surfactante, y con ello mayor cantidad de espuma.

CONCLUSIONES



- ✓ De acuerdo al modelo obtenido se puede decir que el nuevo prototipo **LCP3** tendrá un nivel de aceptación similar a **Magia Blanca Previous**.
- ✓ La Concentración Micelar Crítica evalúa diferenciaciones entre los productos muestreados y se puede correlacionar con las mediciones observadas en la etapa de generación con el método de Cilindros Giratorios.
- ✓ El Método de Cilindros Giratorios para simulación de las condiciones peruanas, se encuentra exitosamente validado en términos de precisión, reproducibilidad y sensibilidad.
- ✓ Los métodos desarrollados para el estudio de enjuagabilidad, demostraron discriminación entre los productos mas no correlación con el análisis de consumidores.
- ✓ Existe un parámetro más allá de los estudios técnicos elaborados que los consumidores evalúan al momento de aprobar un detergente en cuestión de enjuague.

RECOMENDACIONES

- ☆ Adaptar y reaplicar el método de Cilindros Giratorios a condiciones de sucio ligero, para así reaplicarlos a países con dicha condición.
- ☆ Explorar nuevos métodos para verificar la sensación que existe en la ropa luego del enjuague.
- ☆ Explorar reaplicaciones del método de Cilindros Giratorios a países con condiciones de lavado similares como Colombia y Brasil.
- ☆ Elaborar un modelo predictivo de cantidad de sucio aplicado por región en Latinoamérica, de modo de obtener valores representativos de los consumidores en estudios técnicos.

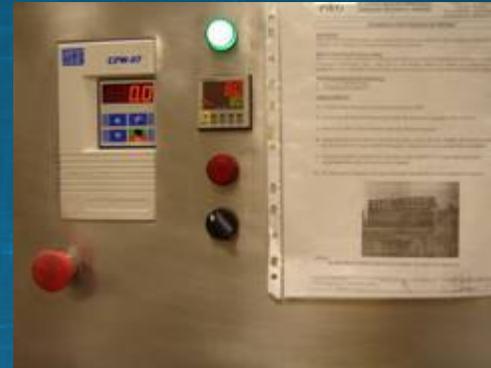
GRACIAS!!!



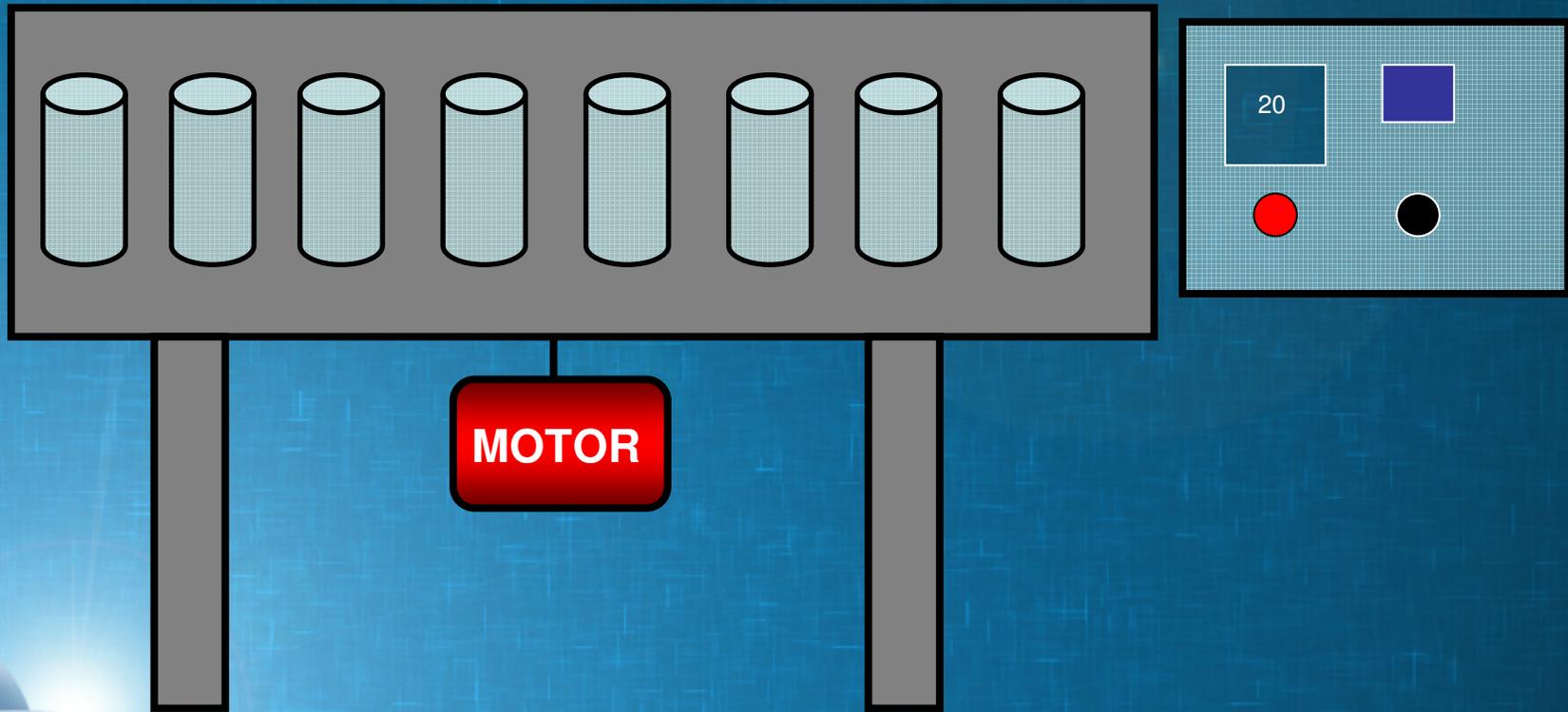


PREGUNTAS

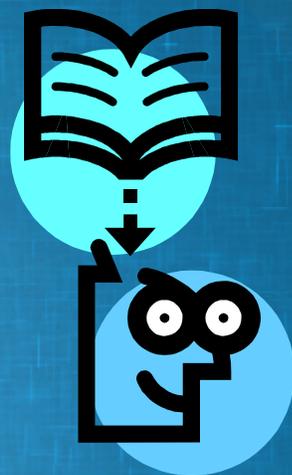
CILINDROS GIRATORIOS



CILINDROS GIRATORIOS



CICLO DE RESPUESTAS



TENSIÓN SUPERFICIAL

Fuerza

- ✓ Wilhelmy
- ✓ Du Nouy

$$\gamma = \frac{F}{2 \cdot l}$$

Presión

- ✓ Ascenso Capilar
- ✓ De burbuja

$$\Delta P = \frac{2 \cdot \gamma}{R}$$

Propiedad Geométrica

- ✓ Gota Giratoria
- ✓ Gota Colocada
- ✓ Gota Pendiente

$$\gamma = \frac{1}{2} \Delta \rho \cdot g \cdot h_s^2$$

$$\gamma = \frac{1}{4} \cdot \Delta \rho \cdot \omega^2 r^3$$



P
O
S
T
T
O
W
D
E
N
S
I
F
I
C
A
T
O
R



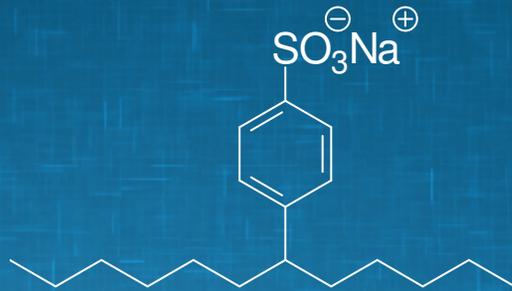
POBLACIÓN DE LIMA

Población Actual:
23.380.000 de
personas

Población de Lima:
6.404.500 de
personas ~ 30% de
la población total



BLOQUES DE TECNOLOGÍA



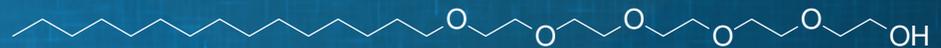
Alquilbenceno sulfonado linear (LAS)



Sulfato de Alquil Eter (AES)



Cloruro de dimetil hidroxietil lauril amonio (KDB-Base)



Alquil etoxilados (AE)



Alquil Betaína

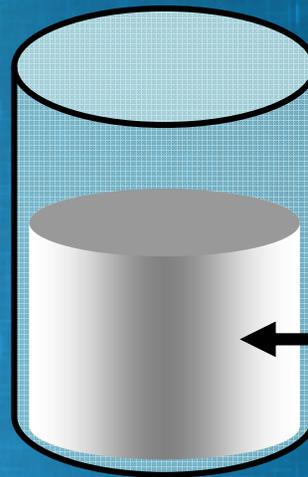
DUREZA DEL AGUA

Dureza: número de granos por galón, proporción de CaCO_3 contenida en una muestra de agua

1 grano por galón = 6.586 ppm de Ca^{+2} = 4.160 ppm de Mg^{+2}



Equipo para suavizar el agua:



**Resina de Contacto
iónico**

RESULTADOS EXPERIMENTALES- Validación

Precisión

Isabel Esperante	Generacion	Lavado				Reuso			
	10.1	2.7	2.9	3.4	3	1.1	1	1	1
	10	2.9	2.8	2.9	2.9	0.9	1.1	1.2	1
	9.6	2.8	3	2.4	2.2	0.9	1	0.9	1.3
	10.1	2.6	3.4	3.3	2.7	0.8	1.1	1.1	1
	9.6	2.5	2.9	2.7	3	1	1.1	0.8	1
	10.3	2.6	2.7	2.9	2.4	0.8	0.9	0.9	0.9
	9.6	2.7	2.8	3	3	0.9	1.2	0.9	1
	9.6	2.8	2.7	2.5	3.4	0.9	0.9	1.1	1.2
10.1	2.8	2.9	3	2.9	1	1.1	0.9	1	
Std Dev.	0.285	0.127	0.212	0.332	0.357	0.097	0.101	0.130	0.124
Median	10	2.7	2.9	2.9	2.9	0.9	1.1	0.9	1
RSD	2.8	4.7	7.3	11.4	12.3	10.8	9.2	14.5	12.4

RESULTADOS EXPERIMENTALES- Validación

Reproducibilidad

	Generacion	Lavado				Reuso			
	Dennys Peña	9.7	1.7	2.2	2.2	2.3	1.2	1	0.8
	10	2.7	2.5	3.5	3	1.3	1.2	1.2	1.3
	10.4	2.7	3.7	3.9	4	1.2	1.5	1.1	1.5
Std Dev	0.351	0.577	0.794	0.889	0.854	0.058	0.252	0.208	0.153
	Generacion	Lavado				Reuso			
	Barbara Marquez	9.7	2.4	3.5	2.5	3	1.2	1	1.1
	9.4	3	3	3	3	1.4	1.1	1.4	1.5
	9.7	2.4	2.5	3	2.1	1.2	1.3	1.3	1.2
Std Dev	0.173	0.346	0.500	0.289	0.520	0.115	0.153	0.153	0.173
	Generacion	Lavado				Reuso			
	Guillermo Castro	10.6	2.7	3.1	3.4	3.4	1.2	1	1.5
	10.9	2.6	3.3	3.1	2.9	1.3	1.4	1.5	1
	10.9	2.7	2.6	2.7	2.8	1.2	1.2	1.3	1.2
Std Dev	0.173	0.058	0.361	0.351	0.321	0.058	0.200	0.115	0.115
Std Dev Global	0.568	0.364	0.512	0.524	0.557	0.073	0.183	0.224	0.200
Mean	10	2.7	3	3	3	1.2	1.2	1.3	1.2
RSD	5.7	13.5	17.1	17.5	18.6	6.1	15.3	17.2	16.7

RESULTADOS EXPERIMENTALES- Validación

Sensibilidad

2500 ppm	Generacion	Lavado				Reuso			
	6.5	1	0.8	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1
	6	0.8	0.7	0.6	0.8	0.2	0.3	0.1	0.1
	6.3	1	1	0.9	1	0.2	0.3	0.2	0.1
Std Dev	0.252	0.115	0.153	0.208	0.252	0.058	0.058	0.058	0.000
Average	6.3	0.9	0.8	0.7	0.8	0.2	0.3	0.1	0.1
5000 ppm	Generacion	Lavado				Reuso			
	9.1	2	1.5	1.5	1.2	0.7	0.6	0.4	0.4
	9	2	1.3	1.3	1.5	0.6	0.5	0.5	0.5
	9.4	1.9	1.9	1.5	1.5	0.6	0.5	0.5	0.5
Std Dev	0.208	0.058	0.306	0.115	0.173	0.058	0.058	0.058	0.058
Average	9.2	2.0	1.6	1.4	1.4	0.6	0.5	0.5	0.5
7500ppm	Generacion	Lavado				Reuso			
	10.1	2.7	2.9	3.4	3	1.1	1	1	1
	10	2.9	2.8	2.9	2.9	0.9	1.1	1.2	1
	9.6	2.8	3	2.4	2.2	0.9	1	0.9	1.3
Std Dev	0.265	0.100	0.100	0.500	0.436	0.115	0.058	0.153	0.173
Average	9.9	2.8	2.9	2.9	2.7	1.0	1.0	1.0	1.1