

Dosificación y Pesaje Automatizados: La Base del Control de Calidad



José Gustavo Núñez
Nutreco



2 preguntas antes de ir al tema de esta presentación



1. Que tan importante es el trabajo de un nutricionista en la fabricación de alimentos balanceados para animales.
2. Que tan importante es la dosificación correcta de los ingredientes en la fabricación de alimentos balanceados para animales.

1. Que tan importante es el trabajo de un nutricionista en la fabricación de alimentos balanceados para animales



- Diseña dietas para asegurar una nutrición óptima que promueva en los animales el :
 - Crecimiento
 - Salud
 - Productividad
 - Rentabilidad.

Sin embargo:

- Su trabajo es principalmente teórico,
- Desarrolla las dietas en base a información empírica
- Experimentación de campo en ambientes controlados,

2. Que tan importante es la dosificación correcta de los ingredientes en la fabricación de alimentos balanceados para animales



- Crucial para garantizar el equilibrio nutricional necesario para el crecimiento, la salud y la reproducción de los animales.
- Una dosificación precisa evita
 - Deficiencias o excesos de nutrientes
 - Mejora la salud animal
 - Minimiza costos de producción
 - Asegura la calidad y consistencia del producto final.

Desde aquí se desprenden dos conceptos involucrados en la calidad de los productos fabricados

❖ **Exactitud**

❖ **Precisión**

- **Exactitud:**

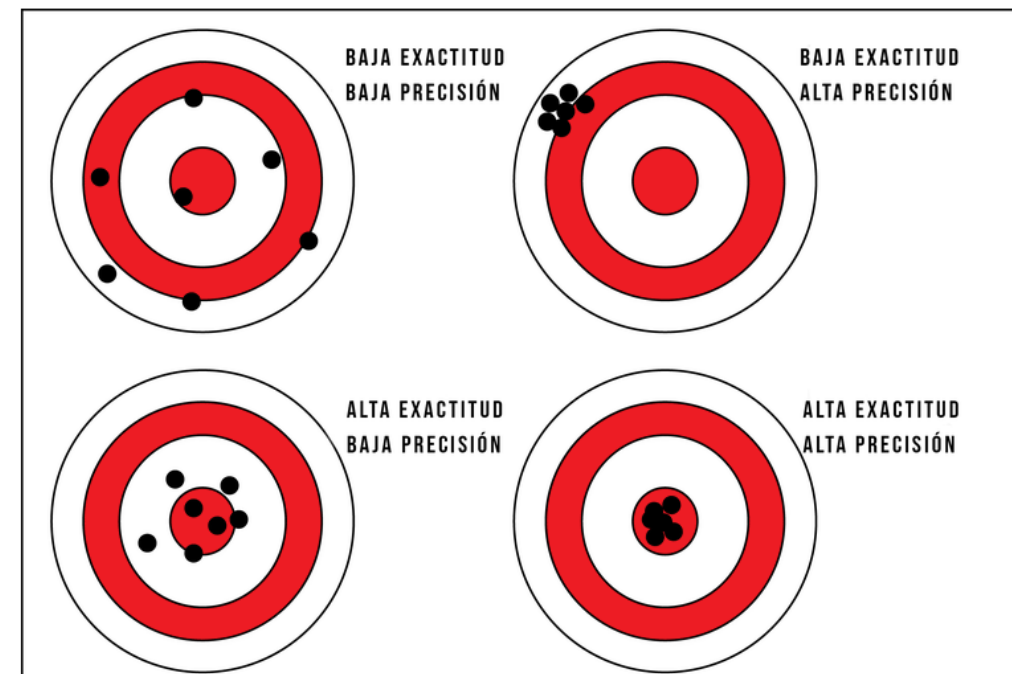
- Es la cercanía del valor experimental obtenido, con el valor exacto de dicha medida.
- El valor exacto de una magnitud física es un concepto utópico, ya que es imposible conocerlo sin incertidumbre alguna.

- **Precisión:**

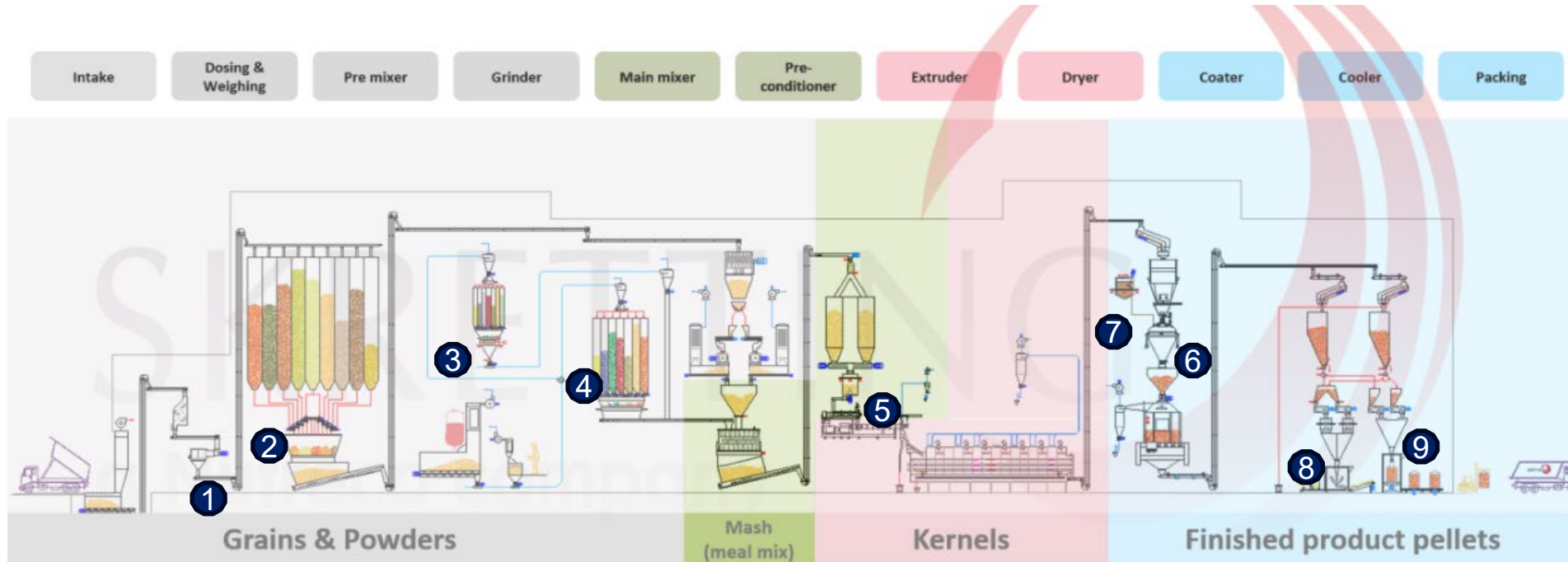
- Es la consistencia y repetibilidad de un conjunto de mediciones. Si realizamos varias mediciones de la misma magnitud, ¿cuán cercanas están entre sí?
- Un instrumento es preciso si sus mediciones se agrupan, aunque no necesariamente cerca del valor real.

Imaginemos a un arquero disparando flechas a un blanco.

- Si las flechas se agrupan, pero no están en el centro, el arquero es **preciso**, pero **no exacto**.
 - ***Disparos consistentes entre sí, pero no cercanos al valor real.***
- Si las flechas están dispersas pero su promedio está en el centro, el arquero es **exacto**, pero **no preciso**.
 - ***Disparos consistentes entre si.***
- Idealmente en nuestras plantas de alimentos , **se busca ser preciso y exacto al mismo tiempo.**

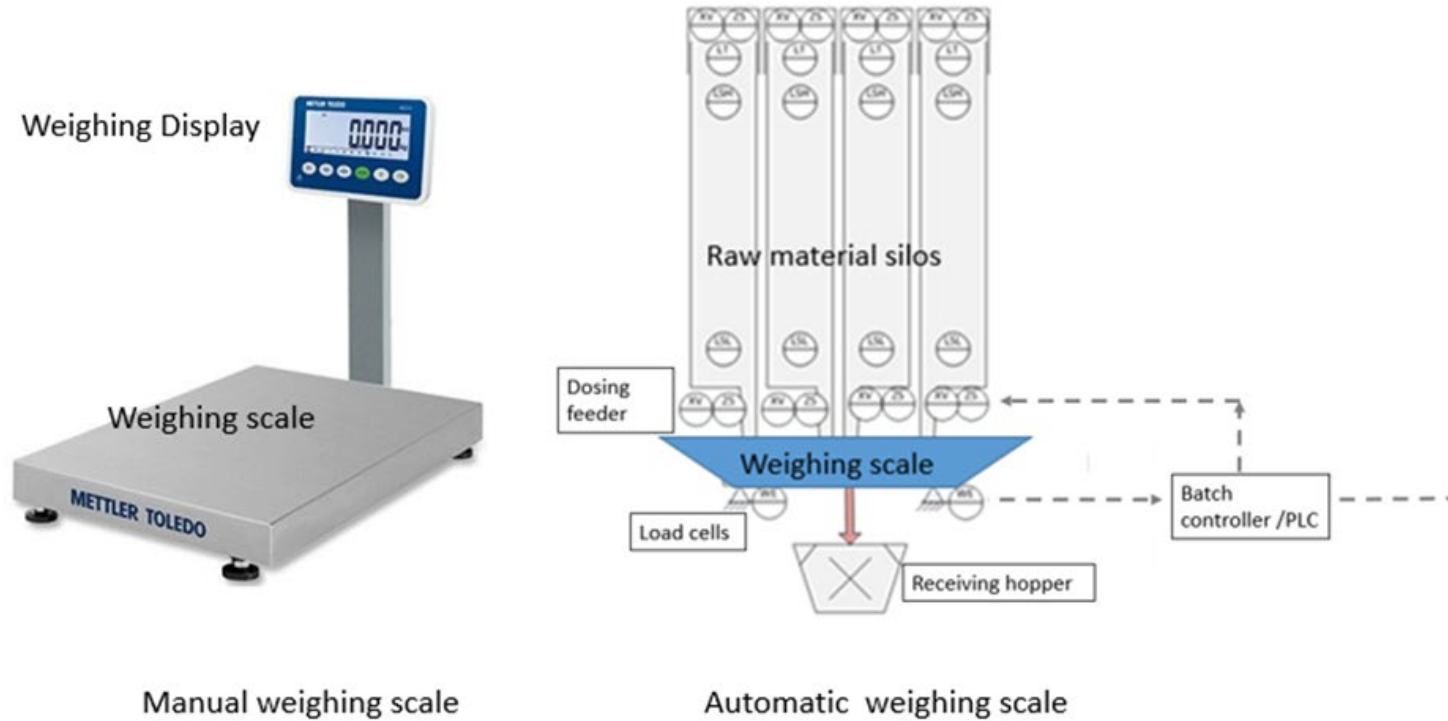


Proceso típico en nuestras plantas de alimentos



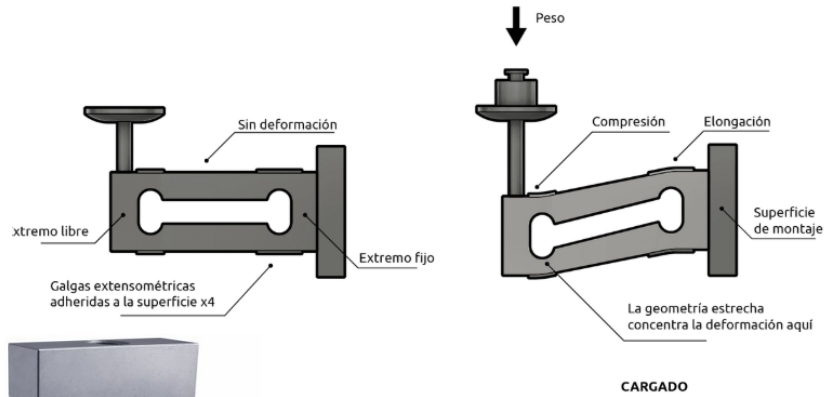
En las plantas de alimentos balanceados los sistemas de dosificación y pesaje automatizado se distribuyen desde la dosificación de materias primas hasta el pesaje del producto terminado

- 1 Pesaje dinámico de materias primas (macro)
- 2 Dosificación y pesaje de materias primas (macro) - GIW
- 3 Dosificación y pesaje de materias primas (micro) - GIW
- 4 Dosificación y pesaje de materias primas (midi) - GIW
- 5 Dosificación y pesaje de alimentación al extrusor - LIW
- 6 Dosificación y pesaje de líquidos - GIW
- 7 Dosificación y pesaje de producto en tránsito (Pellet)
- 8 Dosificación y pesaje de producto terminado bolsas pequeñas (Pellet)
- 9 Dosificación y pesaje de producto terminado big bag (Pellet)



Dosificación y pesaje manual puede lograr mayor nivel de precisión y exactitud que la Dosificación y pesaje automatizado.

Elementos de dosificación y pesaje



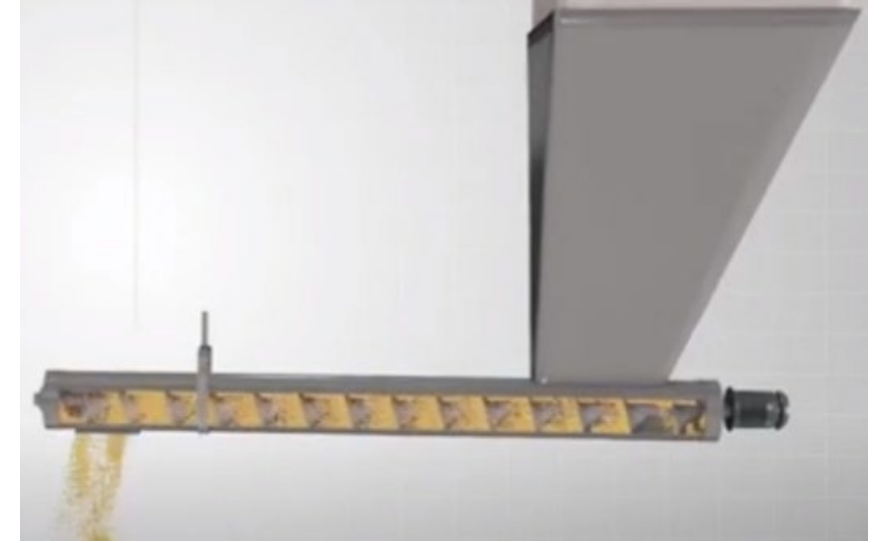
Celdas de Carga
Cantidad de divisiones



Controlador de peso
Cantidad de divisiones



Compuertas dosificadoras



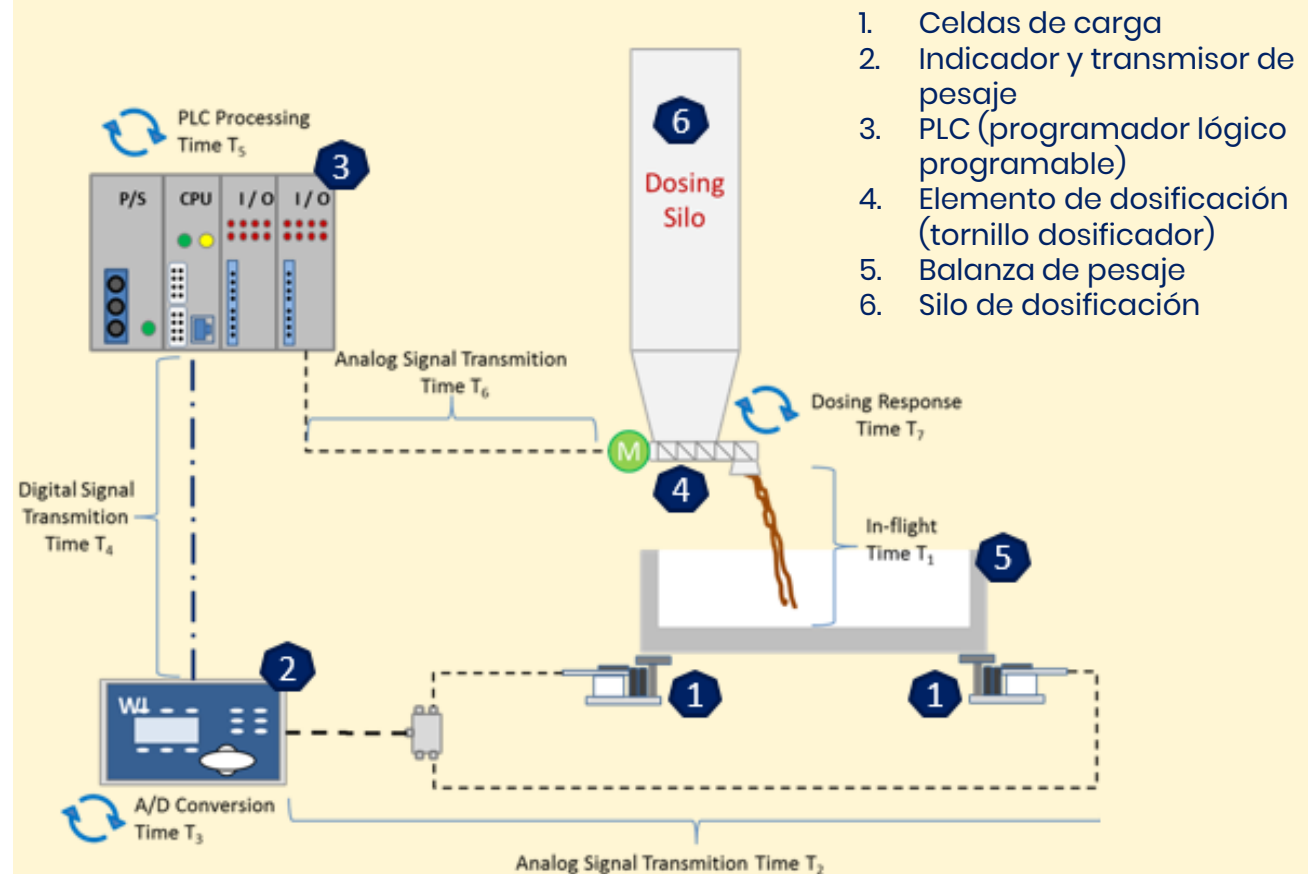
Tornillos dosificadores



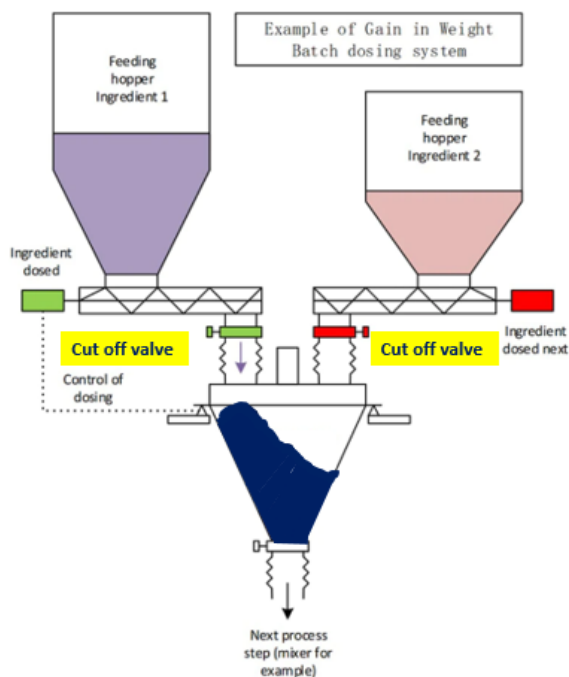
Tiempos involucrados en la Dosificación y pesaje

Example			
In flight	T1	782,1	msec
WI processing	T2	9,09	msec
A/D conversion	T3	0,21	msec
WI to PLC signal transmtion	T4	150	msec
PLC processing	T5	50	msec
PLC to VFD signal transmtion	T6	150	msec
VFD Time response	T7	101	msec
Total Time	Tt	1242,4	msec

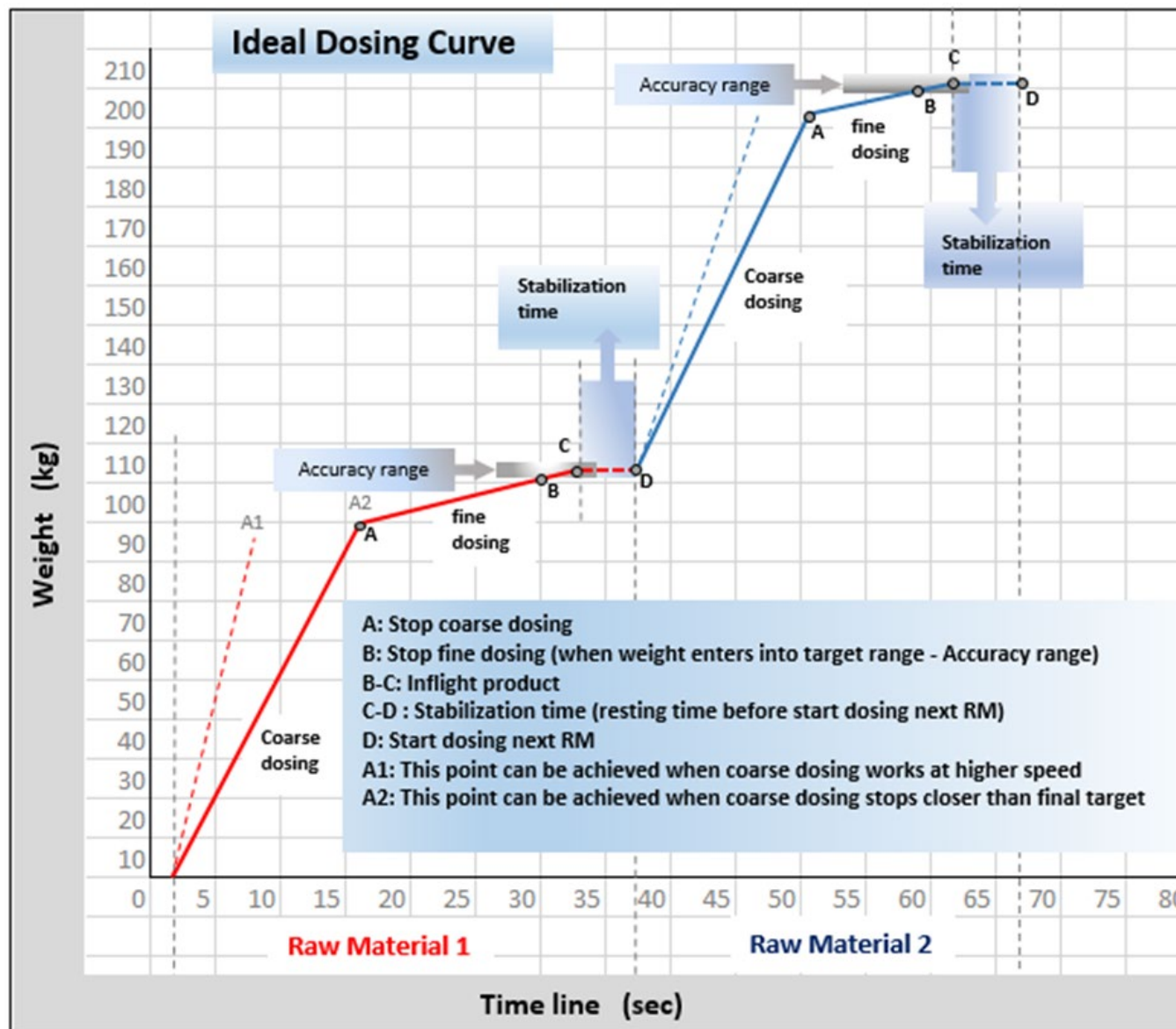
Elements of an automatic dosing & weighing system



Sistemas de pesaje por ganancia de peso (GIE)

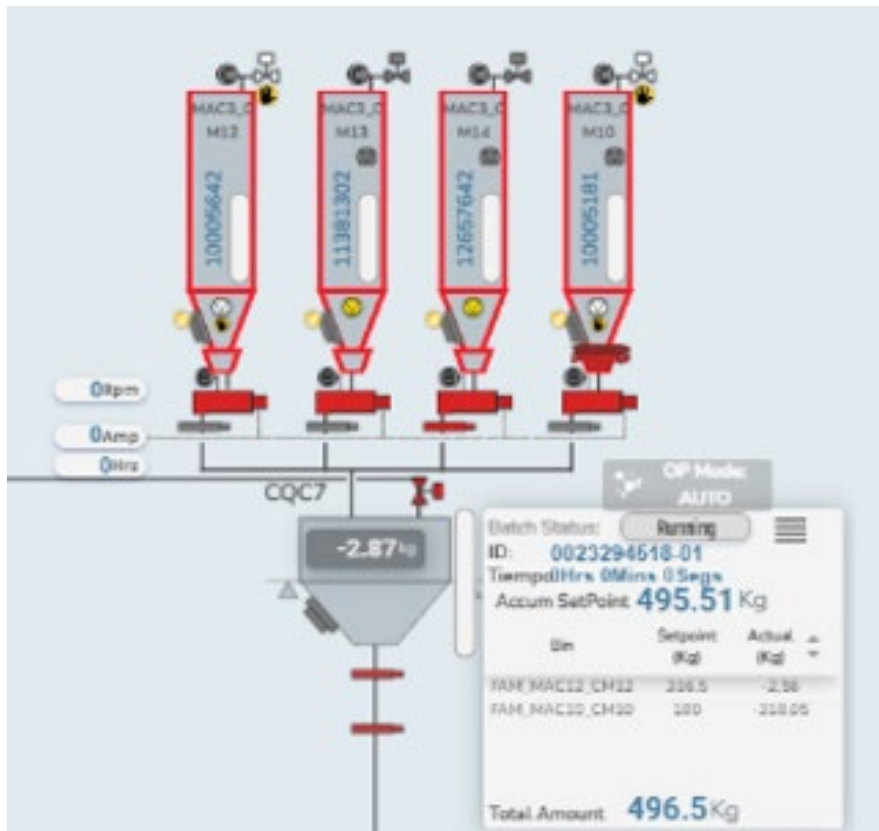


- Esta es la configuración más común se ejecuta midiendo el peso de una tolva ubicada después del elemento dosificador.
- El elemento dosificador se detiene una vez que la tolva ha alcanzado la cantidad asignada de materia prima
- Ideal para aplicaciones tipo batch

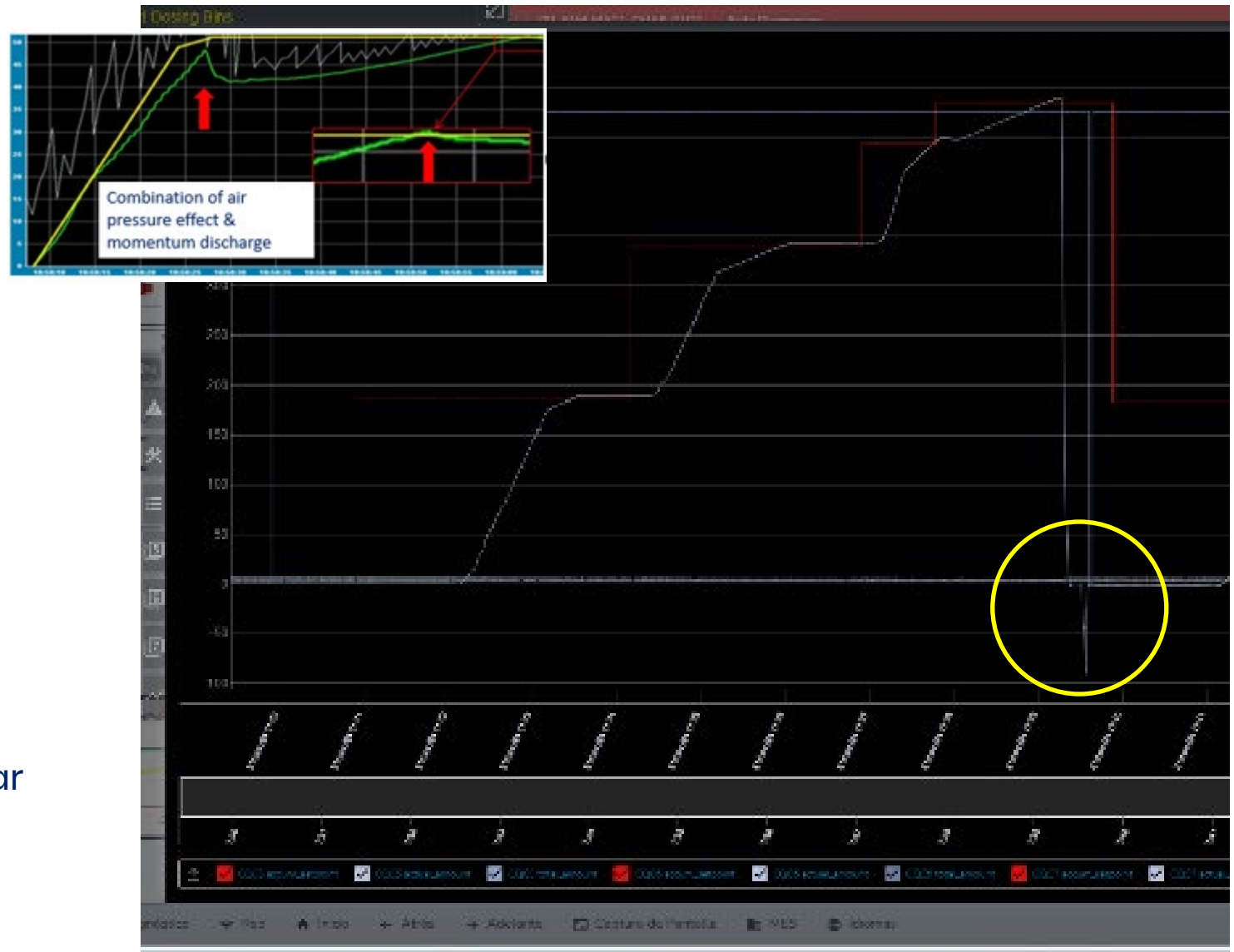


Sistemas de pesaje por ganancia de peso (GIE)

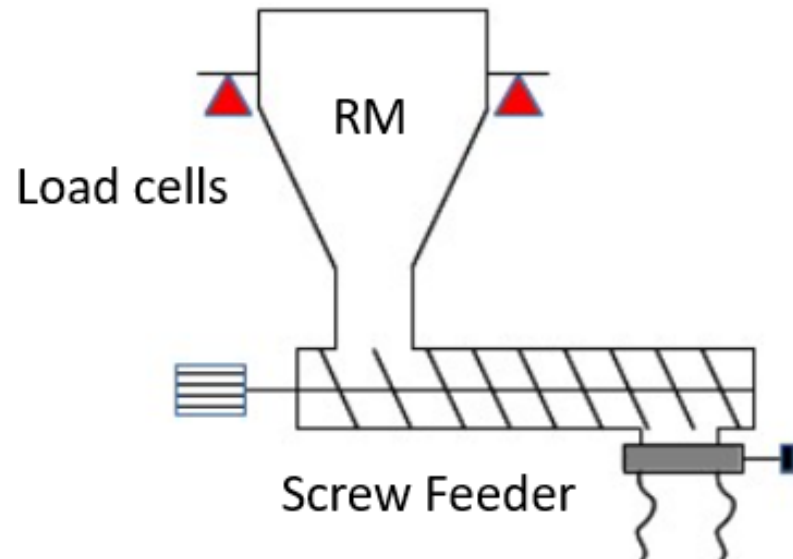
Registro peso versus tiempo (trending)



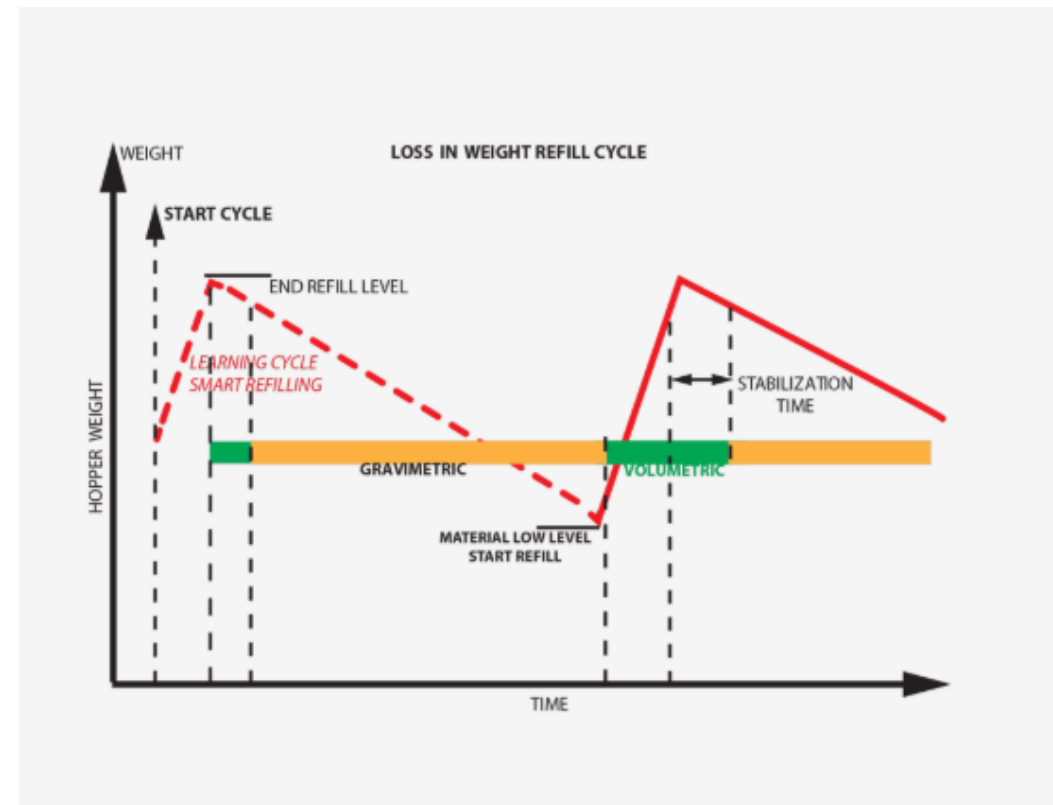
Esta herramienta permite visualizar el desempeño de una balanza de pesaje automático



Sistemas de pesaje por pérdida de peso (LIW)



- Comienza pesando todo el módulo de dosificación, incluyendo el dosificador, la tolva de suministro y su contenido.
- A medida que se dosifica el material, una báscula mide la diferencia de peso por unidad de tiempo.
- Ideal para aplicaciones continuas.



Uso del trending para saber como funciona el sistema de pesaje

A) puntos de ajuste de llenado demasiado cercanos, el flujo másico será inestable.

B) Si el llenado no es recto, busque fugas en la compuerta deslizante de entrada del depósito de alimentación.

C y D) Si el vaciado no es recto, el flujo masico del producto no será constante.

E) El llenado es demasiado largo, probablemente la compuerta deslizante se abre demasiado poco.

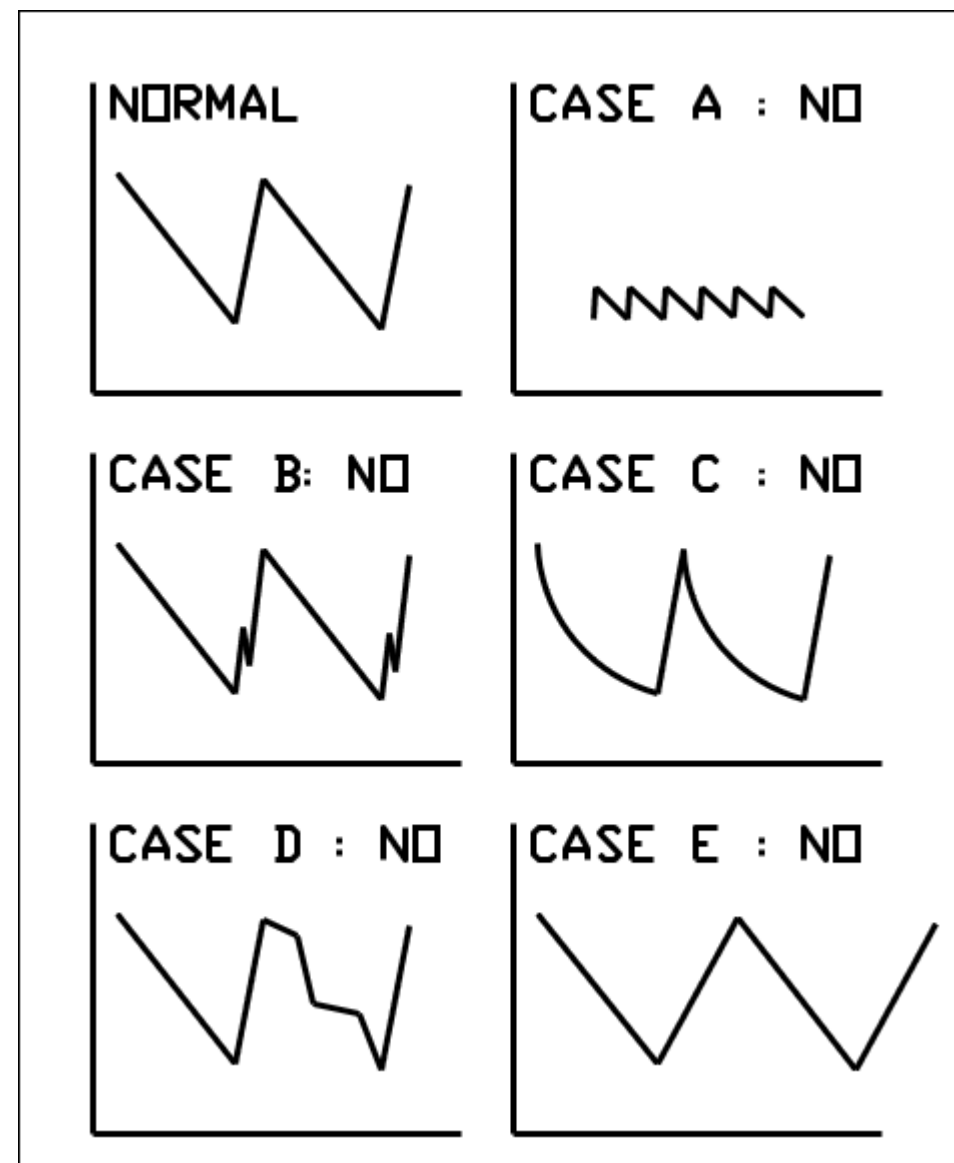
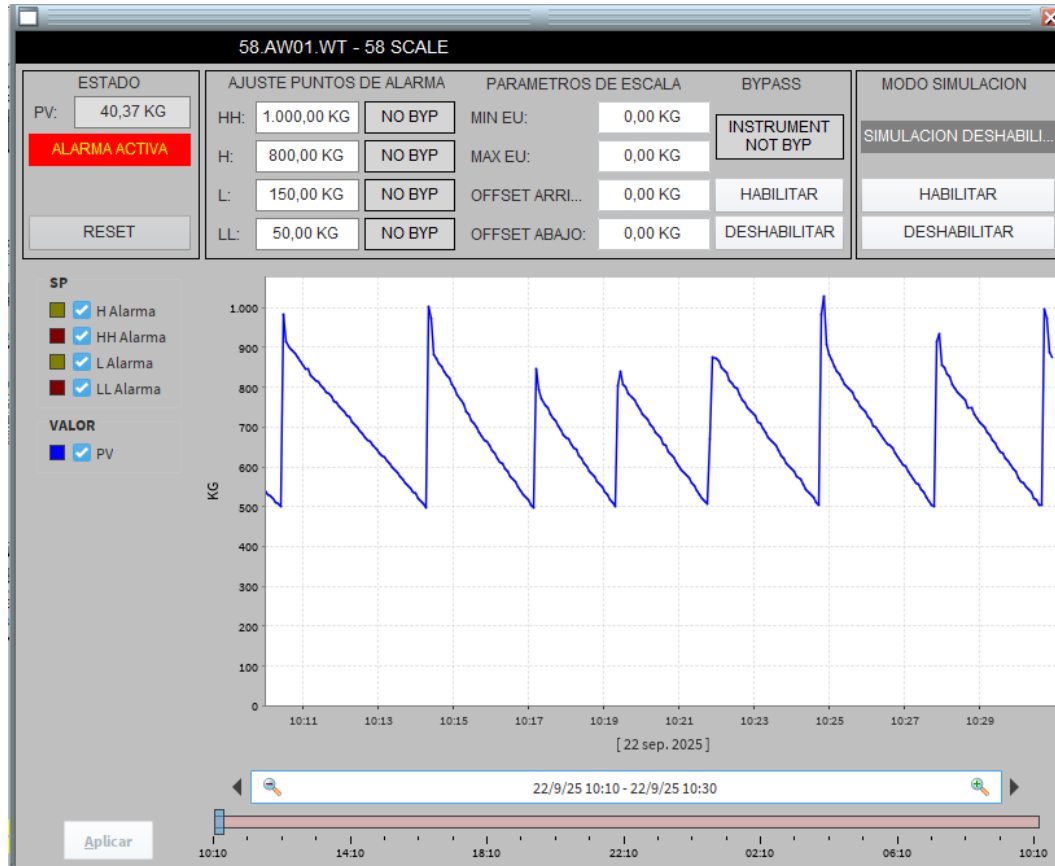
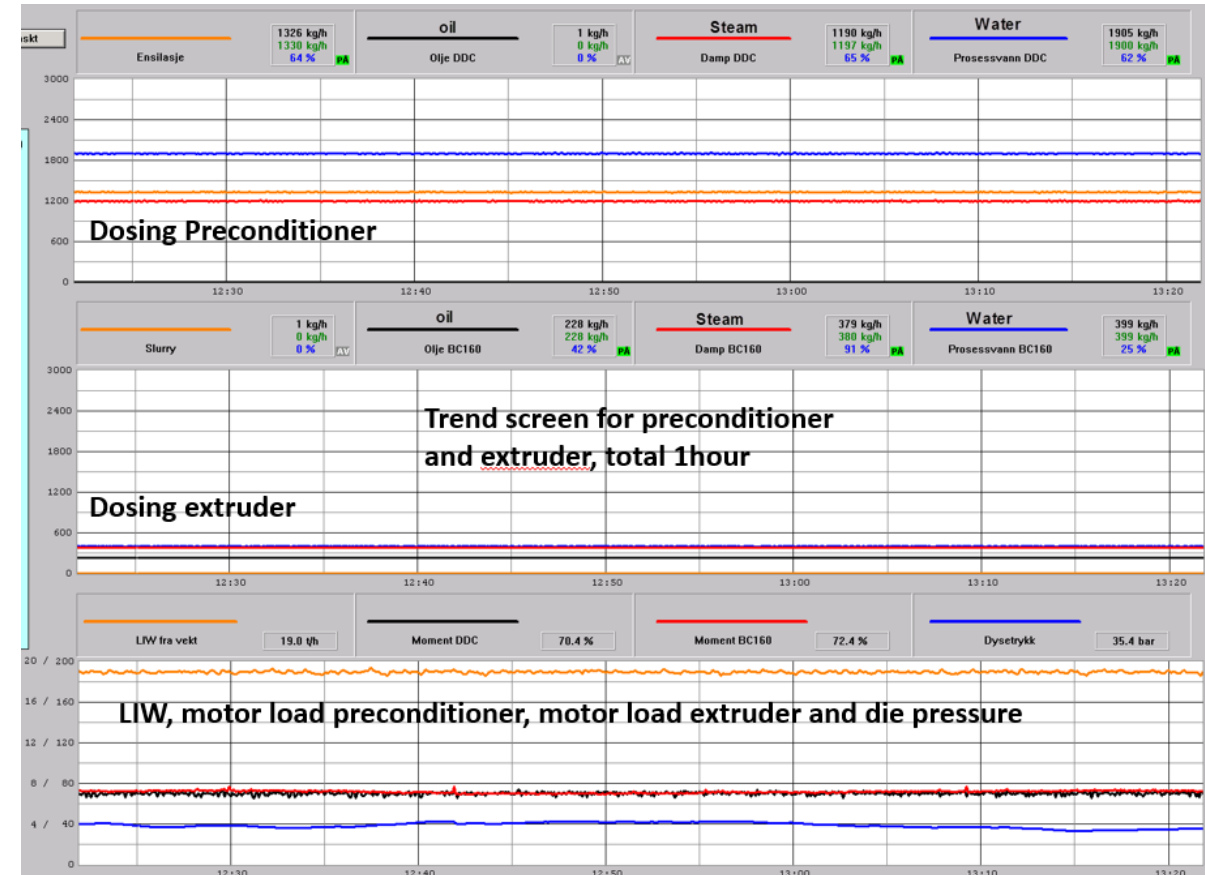


Grafico de tendencias – peso – flujo masico – amperaje



Trending diente de sierra (peso del LIW)



Trending flujo masico de producto en acondicionador, líquidos, vapor, Amps. del extrusor.

Criterios para definir las balanzas de pesaje (nueva planta)

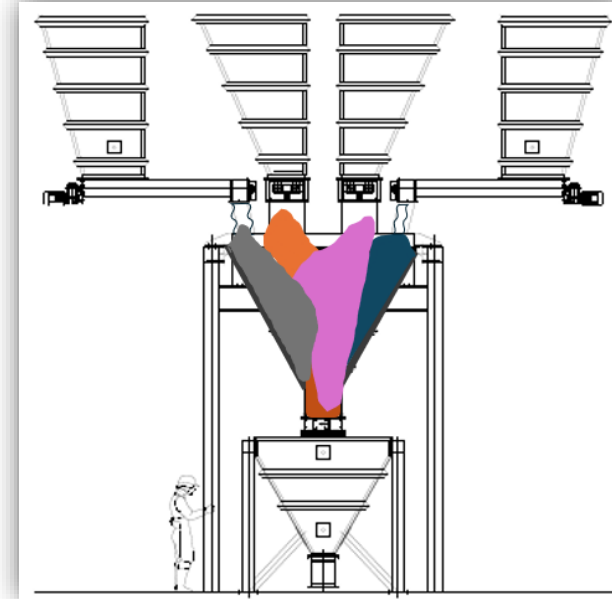


- Analizar formulas de productos a fabricar. Ideal sobre 80%
- Agrupar materias primas dosificadas por rangos de peso sobre una balanza común.
- Identificar cantidades mínimas y máxima por cada material a dosificar sobre una balanza de pesaje.
- Considerar densidad de cada una de las materias primas a dosificar.
- Evaluar propiedades físicas de las materias primas mas complejas. Alto, bajo nivel de fluidez.
- Numero esperado de batches por hora a fabricar.
- Tamaño esperado del mezclador principal de la planta.
- Determinar la capacidad máxima de pesaje de cada balanza en Kg.
- Definir la mínima dosificación en kg de cada balanza para asegurar optima exactitud y precisión.
- Determinar el volumen máximo de cada formula para definir volumen de cada balanza de pesaje.
- Establecer cantidad máxima de productos por balanza para optimizar cantidad de batches por hora

- Silos de dosificación de materias primas macro, deben ser diseñados para optimizar el espacio disponible. Estructura integrada con la torre de producción.
- La parte inferior de los silos dosificadores de forma cónica para garantizar una buena fluidez del producto. Diseño debe optimizar el flujo másico en el silo (primero en entrar, primero en salir).
- La longitud de la pieza de transición entre el tornillo y la balanza de pesaje debe ser lo más corta posible y estar ubicada en un solo nivel.
- El dimensionamiento y la agrupación de los tornillos dosificadores debe permitir el uso de un variador de frecuencia (VFD) por grupo (normalmente también agrupados por báscula).
- La ubicación de la báscula debe diseñarse de tal manera que la distancia desde la salida de todos los conos de los silos dosificadores hasta el centro de la báscula sea similar.
- La longitud de los tornillos dosificadores debe ser lo suficientemente corta como para garantizar que el eje del tornillo esté construido en una sola pieza.
- Debe haber suficiente espacio libre alrededor de la báscula para realizar las tareas de calibración y mantenimiento.

Criterios para definir el sistema de dosificación y pesaje de MP macros

- El tamaño de la balanza de pesaje y la posición de los puntos de dosificación que permita máxima dosificación en cualquier secuencia posible.
- La altura interior de la balanza que garantice que todas las materias primas tengan suficiente espacio para ser descargados en la báscula.
- Una vez dosificadas todas las materias primas de una fórmula, estos no deben tocar la parte superior de la báscula.
- Considerar volumen adicional para asegurar que las MP de baja densidad queden libremente depositadas en la balanza de pesaje.
- Las tolvas de pesaje deben contar con un sistema de descarga integrado para un vaciado rápido y completo hacia la tolva inferior.
- Tolvas de pesaje no deben tener estructuras de refuerzo internas.
- La ubicación de las balanzas de pesaje, idealmente en el nivel cero de la planta o ancladas a pisos reforzados que reduzcan el efecto de las vibraciones.



- Silos de dosificación para micro ingredientes deben diseñarse para optimizar el espacio disponible.
- Se recomiendan silos de dosificación cilíndricos. En caso de silos de forma cuadrada, las esquinas deben ser redondeadas.
- El llenado de los silos de dosificación debe realizarse mediante un dispositivo con sistema de aspiración de polvo para evitar su derrame.
- Reservar espacio adicional alrededor de los contenedores de dosificación para almacenar pallets con materias primas.
- El piso donde se ubica la báscula de dosificación debe estar libre de vibraciones. El suelo de apoyo de las básculas de pesaje debe ser de hormigón (o estructura reforzada).
- Los equipos que generan vibraciones (molinos de martillos, zarandas, etc.) deben ubicarse lo más lejos posible de las básculas de micro dosificación.

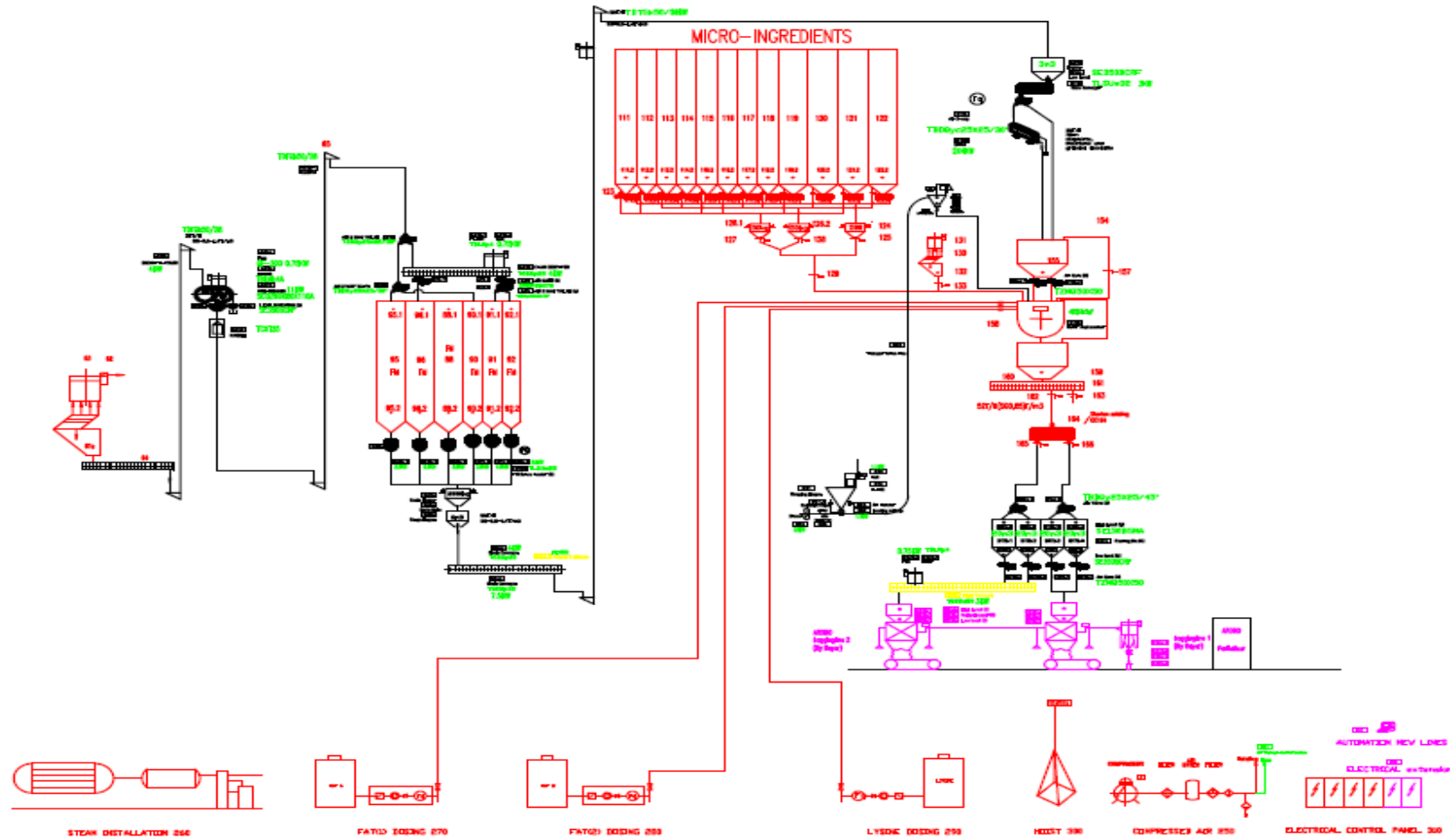
Criterios para definir las balanzas de pesaje ejemplo



			Sales volume (Tons)																		W1	W3	Manual dosing	
			315	2.871	128	3.151	1.435	2.575	1.711	1.141		Min	Max	Min (Kg)	Max (Kg)			8		36	3,6			
Raw Material	RM Density in (Kg/lt)	% Formula	Product A	Product B	Product C	Product D	Product E	Product F	Product G	Product H	Average Consumption (Kg/Day)	MIN % of this RM per batch	MAX % of this RM per batch	Kg of RM dosed per batch If Mixer is 1,0 ton Capacity	Ratio Max/ Min	Qty of products using this RM	% of usage this RM in the 8 products		900	90				
Raw Material 1	0,40	%	35,0	22,3	37,8	56,3	16,3	1,5		36,80	11.334	1,50	56,30	15,0	563,0	37,5	7	88%		1 563	1 15			
Raw Material 2	0,85	%		15,0			20,0		25,0		3.977	15,00	25,00	150,0	250,0	1,7	3	38%		1 250				
Raw Material 3	1,25	%	13,7			6,0		49,8			5.259	6,00	49,80	60,0	498,0	8,3	3	38%		1 498				
Raw Material 4	0,40	%	5,0	30,0					27,0		4.649	5,00	30,00	50,0	300,0	6,0	3	38%		1 300				
Raw Material 5	0,65	%			7,0				32,0		1.932	7,00	32,00	70,0	320,0	4,6	2	25%		1 320				
Raw Material 6	0,60	%	5,0				25,0			22,30	2.184	5,00	25,00	50,0	250,0	5,0	3	38%		1 250				
Raw Material 7	0,40	%	5,0	15,0	40,0	30,0			10,0	20,00	6.397	5,00	40,00	50,0	400,0	8,0	6	75%		1 400				
Raw Material 8	1,10	%	13,2		7,5		22,9	45,5		10,00	5.783	7,50	45,50	75,0	455,0	6,1	5	63%		1 455				
Raw Material 9	0,75	%	7,0				10,0				575	7,00	10,00	70,0	100,0	1,4	2	25%		1 100				
Raw Material 10	0,50	%	10,0				5,0				359	5,00	10,00	50,0	100,0	2,0	2	25%		1 100				
Raw Material 11	0,40	%		17,1		0,5			4,0	2,0	2.076	0,50	17,10	5,0	171,0	34,2	4	50%		1 171	1 5			
Raw Material 12	0,43	%			4,0	2,0				2,00	316	2,00	4,00	20,0	40,0	2,0	3	38%			1 40			
Raw Material 13	0,44	%	5,3					1,5	2,0		311	1,50	5,30	15,0	53,0	3,5	3	38%			1 53			
Raw Material 14	0,48	%			1,3	2,5				5,50	497	1,30	5,50	13,0	55,0	4,2	3	38%			1 55			
Raw Material 15	0,65	%			1,0	1,5					169	1,00	1,50	10,0	15,0	1,5	2	25%			1 15			
Raw Material 16	0,65	%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,30	121	0,30	0,30	3,0	3,0	1,0	7	88%				1	3,0	
Raw Material 17	1,05	%			0,4	0,3		0,2		0,60	76	0,20	0,60	2,0	6,0	3,0	4	50%				1	6,0	
Raw Material 18	0,40	%	0,4	0,1	0,4		0,4	0,9		0,40	132	0,10	0,90	1,0	9,0	9,0	6	75%				1	9,0	
Raw Material 19	0,50	%		0,1	0,2	0,5					68	0,13	0,50	1,3	5,0	3,9	3	38%				1	5,0	
Raw Material 20	0,60	%		0,006							1	0,01	0,01	0,1	0,1	1,0	1	13%				1	0,1	
Raw Material 21	0,50	%	0,02		0,06	0,10	0,02	0,10			21	0,02	0,10	0,2	1,0	5,0	5	63%				1	1,0	
Raw Material 22	0,40	%	0,08	0,10		0,08	0,20		0,10		37	0,08	0,20	0,8	2,0	2,5	5	63%				1	2,0	
Cantidad de RM en esta formula			13	10	12	11	10	9	6	11	55.529									11 3407	6 183	7	26,1	
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0														

Qty or RM			8	5	4	4	6	3	5	5	Max Weight	
Weighing scale for RM1 - RM11	WA	Kg	939	994	923	923	992	953	980	911	Kg	994
	WA	Lt	1731	2286	2121	2206	1501	812	1811	1933	Lt	2.286
Weighing scale for RM12 - RM15	WB	Kg	53	0	63	65	0	30	20	75	Kg	75
	WB	Lt	120	0	135	133	0	71	45	160	Lt	160
Manual Dosing RM16-RM22		Kg	8,0	6,3	14,0	12,0	8,0	17,0	0,0	14,0	Kg	17

Ejemplo definición de balanzas de materias primas



El diagrama de proceso se define después del análisis de formulas

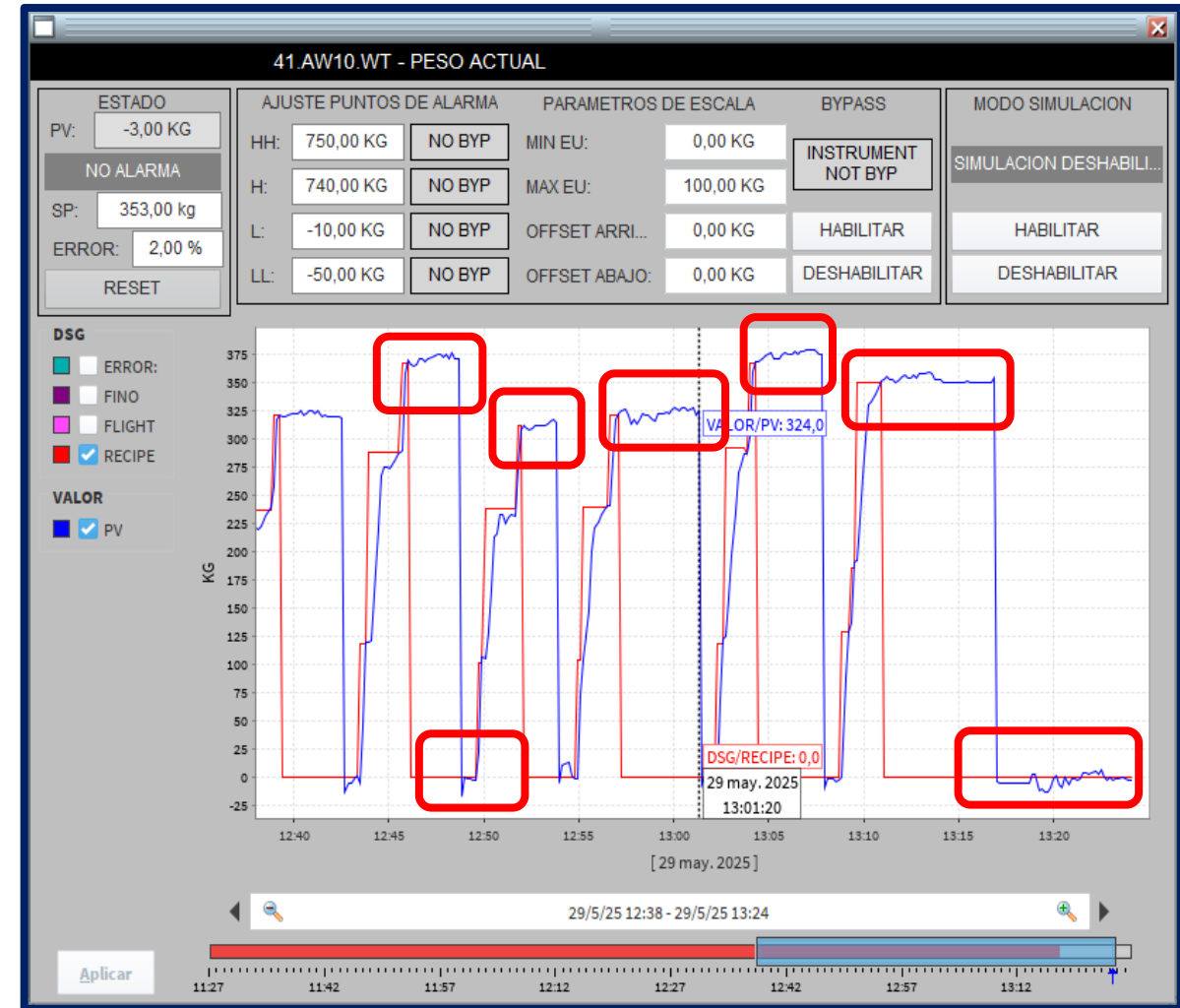


Los sistemas de pesaje ubicados en los pisos superiores de los edificios son mas susceptibles al impacto de las vibraciones

Problemas encontrados en sistemas de dosificación y pesaje automatizados



Celdas de carga ubicadas en piso superior de edificio de estructura metálica expuesta a vibraciones



- Ubicación de los sistemas de pesaje.
- Roce de la tolva de pesaje con estructura de soporte.
- Desalineamiento de soporte de celdas de carga.
- Sistema de pesajes en pisos superiores de torres de producción afectos a vibración del edificio.
- Dosificación de materias primas por debajo del mínimo permitido
- Cambio de materia prima de un silo de dosificación a otro silo ubicado sobre una balanza distinta.
- Dosificación lenta por uso inadecuado del VFD.



Problemas encontrados en sistemas de dosificación y pesaje automatizados

Detailed Runtime Analyses				Gross feed rate					Fine feed rate					Comments		
Scale 2	Silo N°	Raw Material	Target Weight	Initial time	initial weight	auger speed	Final gross time	gross feed time	Initial time	final weight	auger speed	Final fine time	fine feeding time	weight diff		Scale Capacity 3000 kg
			(kg)	(sec)	(kg)	(%)	(sec)	(sec)	(sec)	(kg)	(%)	(sec)	(sec)	(kg)	%	Accuracy 1 kg
	B40	Mg Oxide	7	00:15	2	10	00:17	00:02	00:17	6	8	00:24	00:07	1,0	-14,29%	
	B42	APF fat Plus-2	22	00:25	4	45	00:31	00:06	00:31	22	8	01:22	00:51	0,0	0,00%	
	B52	S-Carb	25	01:23	1	100	01:24	00:01	01:24	28	61	01:32	00:08	-3,0	12,00%	Overdose Alarm; Motor stopped at 01:28 at 12
tare - 7kg	B51	Fine Salt	37	01:37	13	100	01:45	00:08	01:45	39	32	01:52	00:07	-2,0	5,41%	Overdose Alarm; Motor stopped at 01:52 at 34
	B45	Calcium Carbonate Fine	40	02:01	10	100	02:06	00:05	02:06	41	35	02:09	00:03	-1,0	2,50%	
	B34	Roasted Soya Ground	140	02:13	32	100	02:18	00:05	02:18	138	37	02:29	00:11	2,0	-1,43%	Motor stopped at 02:25 at 129 kg
	B28	Gluten Feed Lo Pro	843	02:30	739	100	03:12	00:42	03:12	843	14	03:27	00:15	0,0	0,00%	
	B30	Fine Ground Barley	1043	03:30	970	100	04:28	00:58	04:28	1042	42	04:36	00:08	1,0	-0,10%	
		Batch	2157							2159			04:21	-2,0	0,09%	total time 261 sec, control system reported total batch 2152 kg

Dosificación de materia prima por debajo del mínimo permitido genera diferencias de dosificación.

Esto puede afectar la salud de los animales, además de diferencias de inventarios de materias primas.

Problemas encontrados en sistemas de dosificación y pesaje automatizados



Product ID 11746795 Batch 2970 kg 3:32 PM October 10th Moncton																
Detailed Runtime Analyses				Gross feed rate					Fine feed rate					Comments		
Scale 2	Silo N°	Raw Material	Target Weight	Initial time	weight	auger speed	Final gross time	gross feed time	Initial time	weight	auger speed	Final fine time	fine feeding time	weight diff		Scale Capacity 3000 kg
PR455			(kg)	(sec)	(kg)	(%)	(sec)	(sec)	(sec)	(kg)	(%)	(sec)	(sec)	(kg)	%	Accuracy 1 kg
	B40	Mg Oxide	7	00:15	2	10	00:17	00:02	00:17	6	8	00:24	00:07	1,0	-14,29%	
	B42	APF fat Plus-2	22	00:25	4	45	00:31	00:06	00:31	22	8	01:22	00:51	0,0	0,00%	
	B52	S-Carb	25	01:23	1	100	01:24	00:01	01:24	28	61	01:32	00:08	-3,0	12,00%	Overdose Alarm; Motor stopped at 01:28 at 12 kg.
tara -7kg	B51	Fine Salt	37	01:37	13	100	01:45	00:08	01:45	39	32	01:52	00:07	-2,0	5,41%	Overdose Alarm; Motor stopped at 01:52 at 34 kg
	B45	Calcium Carbonate Fine	40	02:01	10	100	02:06	00:05	02:06	41	35	02:09	00:03	-1,0	2,50%	
	B34	Roasted Soya Ground	140	02:13	32	100	02:18	00:05	02:18	138	37	02:29	00:11	2,0	-1,43%	Motor stopped at 02:25 at 129 kg
	B28	Gluten Feed Lo Pro	843	02:30	739	100	03:12	00:42	03:12	843	14	03:27	00:15	0,0	0,00%	
	B30	Fine Ground Barley	1043	03:30	970	100	04:28	00:58	04:28	1042	42	04:36	00:08	1,0	-0,10%	
		Batch	2157							2159			04:21	-2,0	0,09%	total time 261 sec, control system reported total batch 2152 kg

- La capacidad de la báscula es demasiado grande (3000 Kg) para dosificar pequeñas cantidades de materia prima (mínimo recomendado 120 kg). Desde Silo B52, cantidad a dosificar 25 kg de S-carb.
- Dosificación gruesa comienza al 100 % de velocidad, pero al alcanzar solo 1 kg, se convierte en una dosificación fina lenta al 61 % de velocidad (que no es lenta), por lo que esta materia prima se sobre dosifica en 3 kg, lo que representa un 12 % de error. En este caso, la dosificación es lenta y la precisión es baja.

Problemas encontrados en sistemas de dosificación y pesaje automatizados

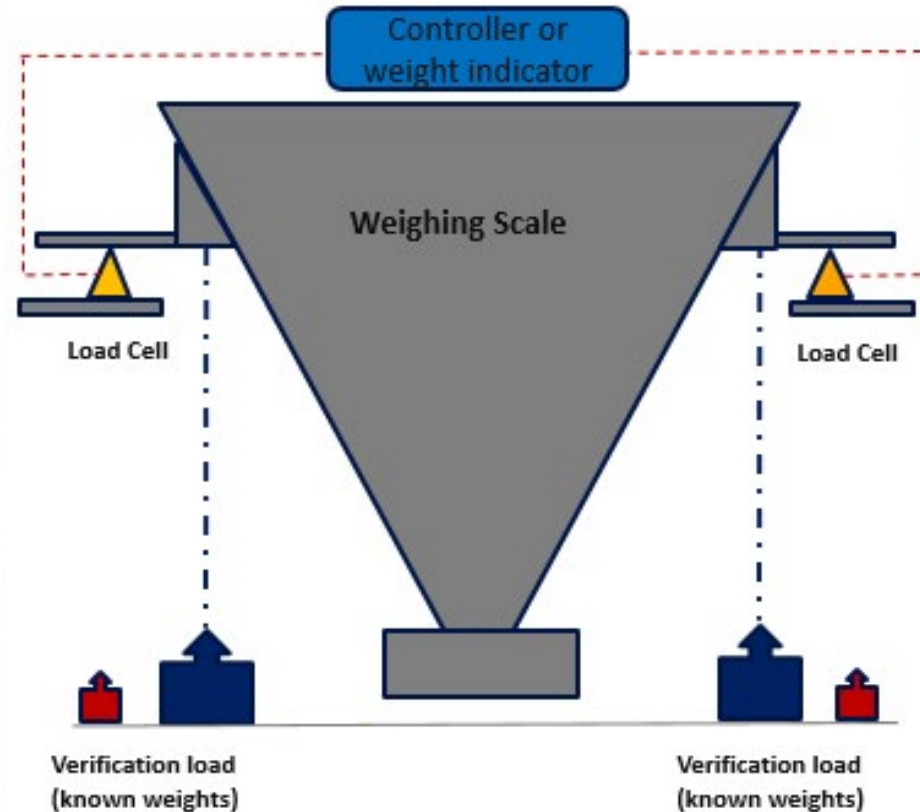


Formula 10687015 WB30.001 50 Kg										ERROR	comments
	Silo	target	gross feed	time	Screw Speed	fine feed	time	screw speed	Total		
		Kg	Kg	sec	%	kg	sec	%	Kg		
Antioxidant mix	36	3,00	3,02	2	na				3,020	0,67%	fine dosing NA
TNB ihp iodine 5%	26	1,50	1,16	26	6%	0,42	16	3%	1,580	5,33%	
TNB ihp vit b6 10%	28	1,50	0,36	13	10%	1,12	47	4%	1,480	-1,33%	variable speed all time
TNB ihp biotin 0.5%	31	0,95	0,5	18	5%	0,42	21	3%	0,920	-3,16%	
Na selenite 2.25% Se PX	33	0,93	0,72	39	12%	0,23	10	4%	0,950	2,15%	fine dosing NA
Vit B5 D-Ca-Panto 98%	35	0,81	0,46	18	19%	0,36	15	3%	0,820	1,23%	
TNB ihp vit b1 10%	27	0,75	0,76	37	3%				0,760	1,33%	fine dosing NA
Vit B5 D-Ca-Panto 98%	30	0,40	0,42	30	3%				0,420	5,00%	

Formula 10687015 WB30.002 50 kg										ERROR	comments
	Silo	target	gross feed	time	Screw Speed	fine feed	time	screw speed	Total		
		Kg	Kg	sec	%	kg	sec	%	Kg		
TNB ihp vit K3 10% bulk	45	1,00	1,03	17	7%				1,03	3,0%	fine dosing NA
Vit B12 0.1% HPLC	39	1,15	1,20	53	5%				1,20	4,3%	
Vit B3 Nicotinamide 99%	41	1,43	1,17	34	16%	0,29	19	5%	1,46	2,1%	fine dosing NA
Enzyme Aextra PHY 20000 TPT2	47	1,50	1,46	40	5%				1,46	-2,7%	
Zinkoxide 75%	49	6,40	5,25	24	43%	1,18	7	5%	6,43	0,5%	variable speed
Betainhcl	40	6,79	3,70	68	100%	3,11	30	5%	6,81	0,3%	
TNB ihp vit c 35% fosf-c bulk	38	7,14	2,19	12	73%	4,98	26		7,17	0,4%	variable speed
				248			82				

Capacidad máxima de la bascula 50 Kg. 2 kg mínimo recomendado.

Recomendación para prevenir o reducir errores de pesaje



- verificación periódica de la báscula, se recomienda hacerlo al comienzo de semana.
- Operadores hacen una verificación rutinaria probando las básculas con pesos conocidas (cargas de verificación).
- El equipo de mantenimiento puede preparar herramientas y cargas de verificación que faciliten esta operación.