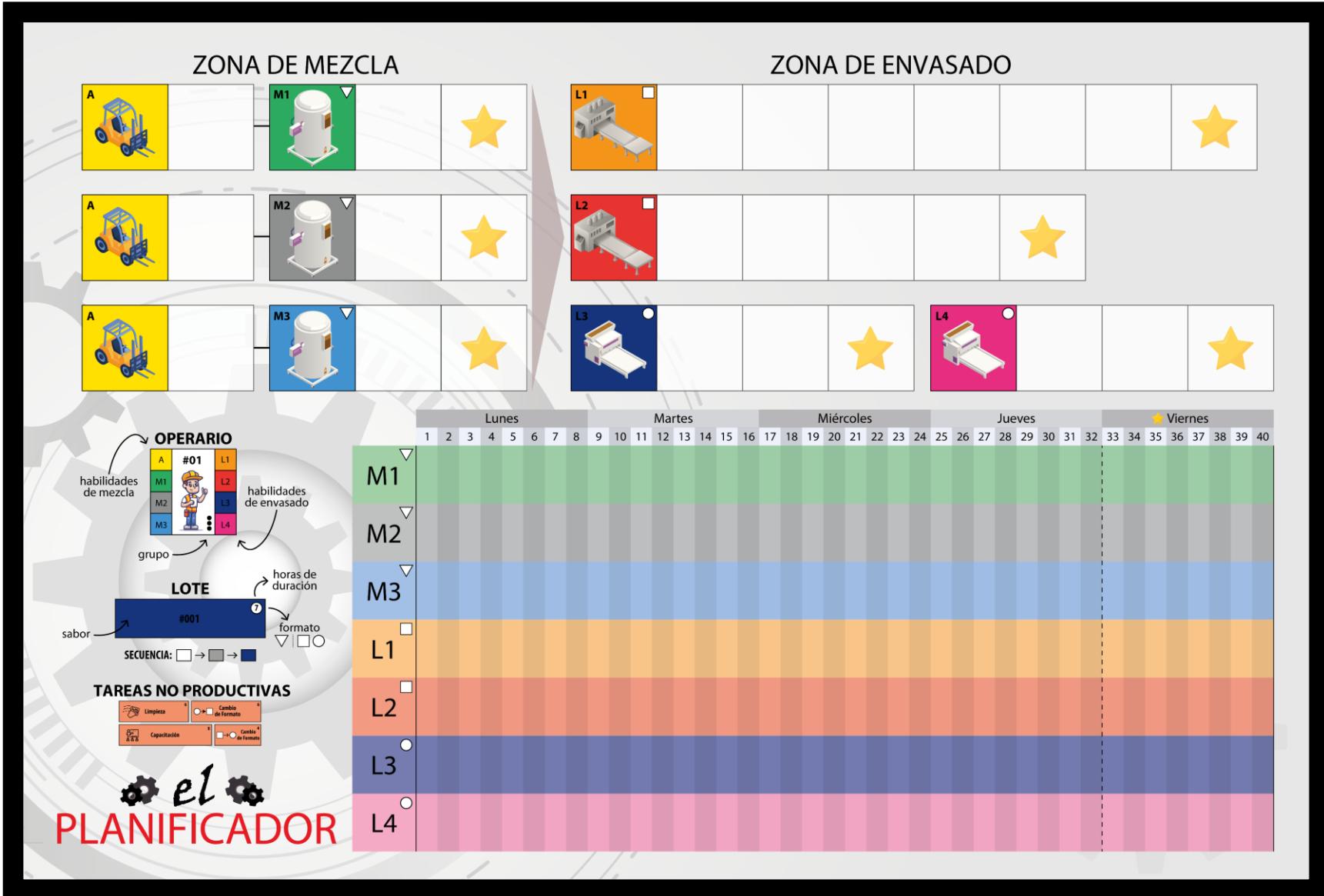




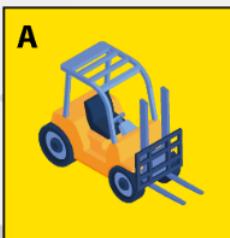
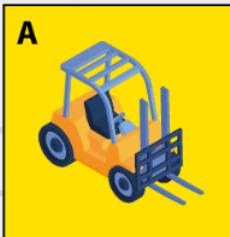
el PLANIFICADOR

El Tablero

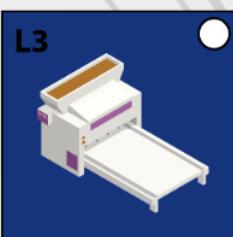
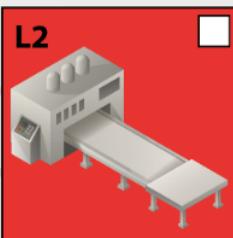
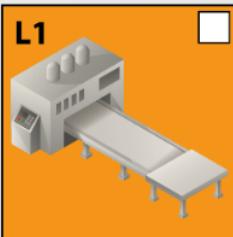


Zona de Mezcla: 3 mezcladoras

ZONA DE MEZCLA



ZONA DE ENVÍO



Lunes

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Martes

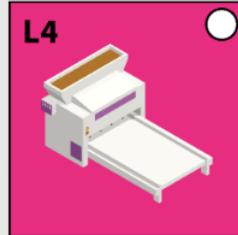
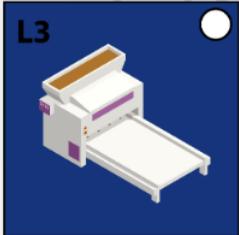
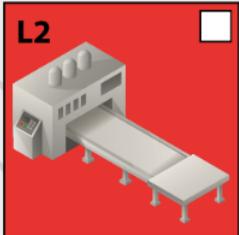
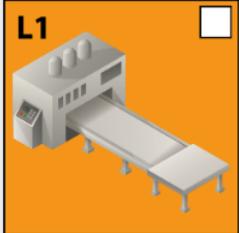
Miércoles

OPERARIO

A #01 L1

Zona de Envasado: 4 líneas y 2 formatos

ZONA DE ENVASADO



Lunes

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40

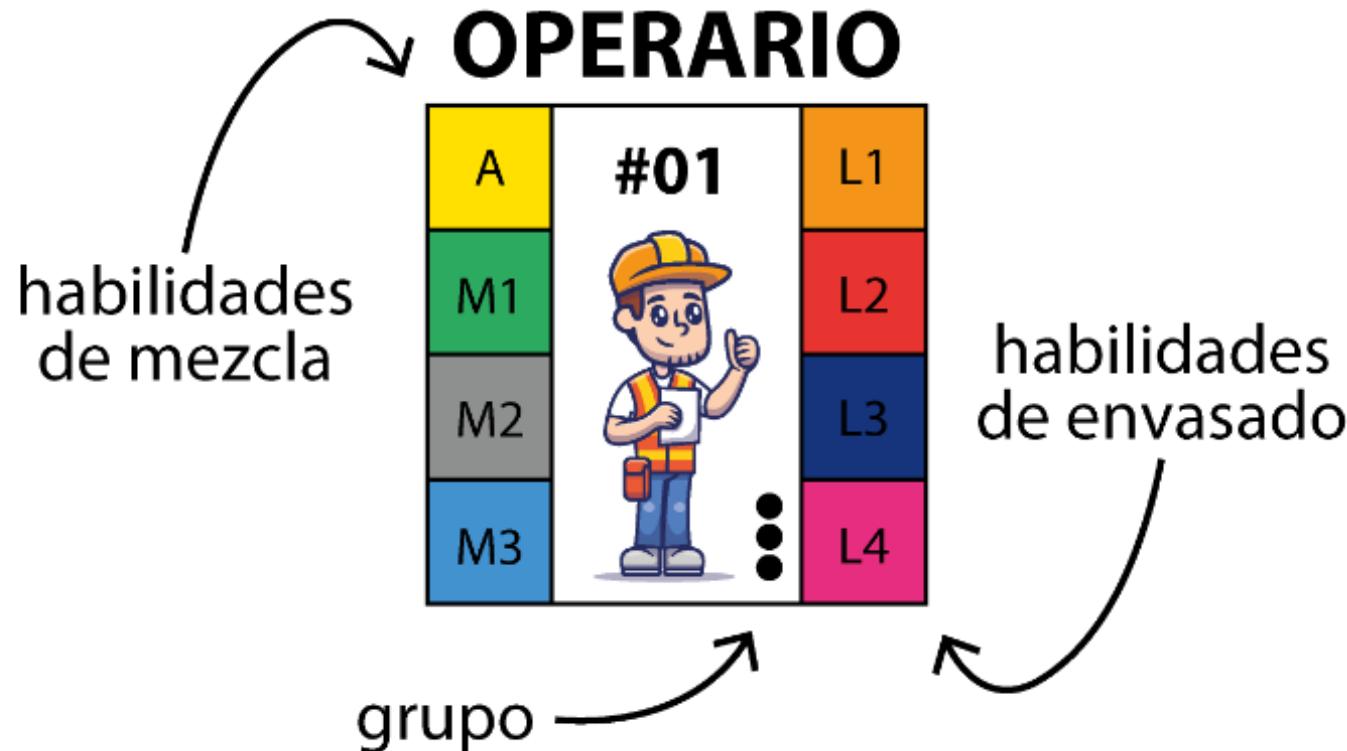
Martes

Miércoles

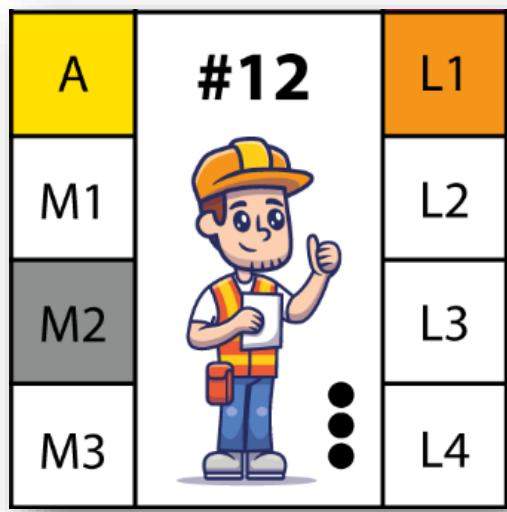
Jueves

Viernes

La Dotación: 30 operarios

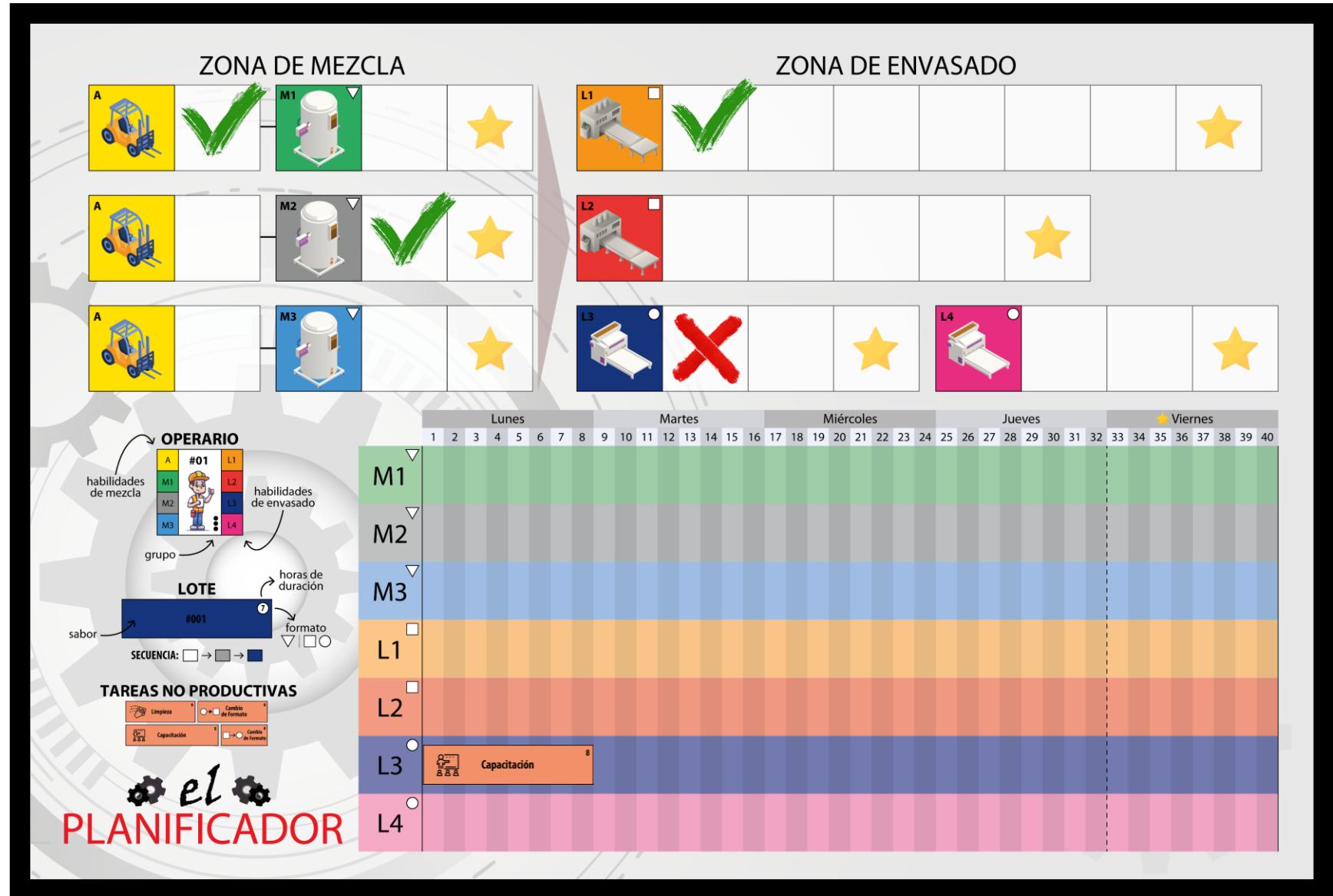


Habilidades

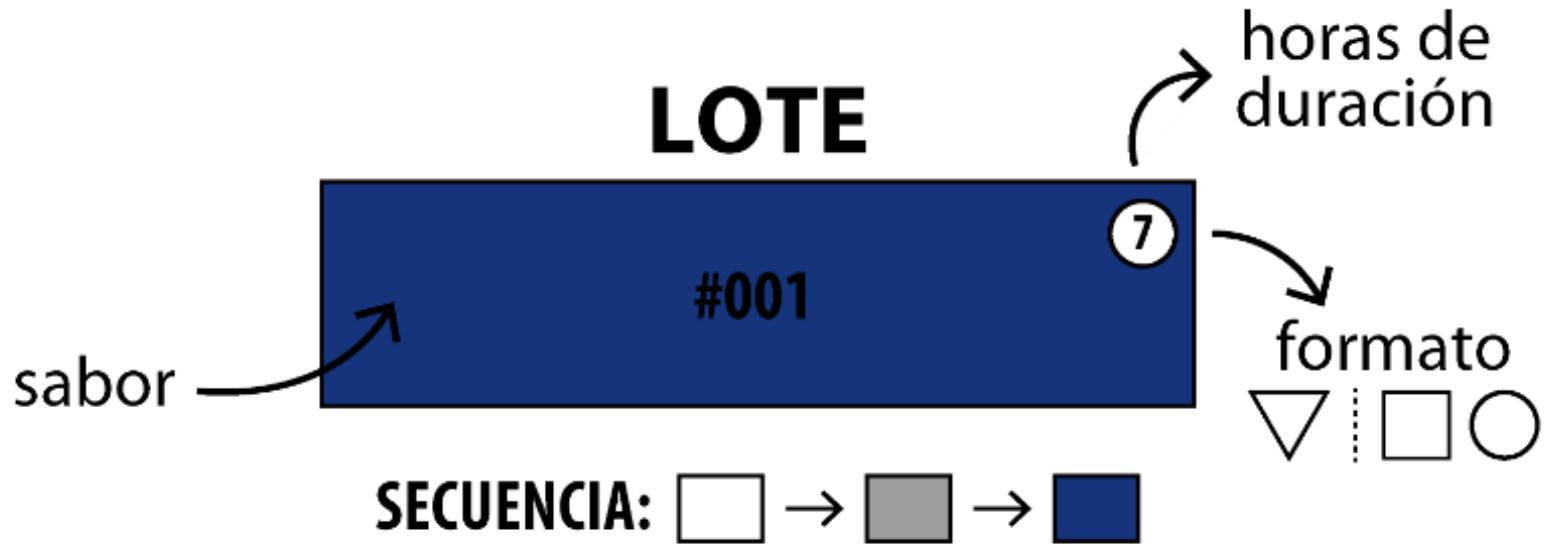


REGLAS:

- Sin **Autelevador** la Mezcladora no puede funcionar
 - Las Mezcladoras y Líneas de Envasado pueden operar con **un operario menos** (★), pero en ese caso solo se puede usar de Lunes a Jueves (**viernes parado**).
 - Se puede **capacitar** a un operario pero esto toma las primeras 8 hs del lunes de la máquina en cuestión.



Los Lotes de producción



REGLAS:

- Cada Lote de envasado tiene un lote de mezcla.
- El **inicio del envasado** debe ser **posterior al fin de la mezcla** (no necesariamente inmediato).
- Si no se respeta la **secuencia**, hay que hacer una **limpieza**, tanto en las mezcladoras como en las líneas.

Datos Lotes

ORDEN DE ENVASADO	hs	SABOR	FORMATO	URGENTE
#0101	7	3	1	SI
#0102	7	2	2	
#0103	6	1	1	SI
#0104	5	3	1	
#0105	6	3	1	
#0106	6	2	1	
#0107	5	1	1	
#0108	5	2	1	
#0109	5	3	1	SI
#0110	13	3	2	
#0111	8	3	1	
#0112	6	2	2	
#0113	5	1	1	
#0114	3	1	1	
#0115	7	1	2	
#0116	13	1	2	
#0117	7	3	2	
#0118	6	3	2	
#0119	10	2	2	SI
#0120	7	1	2	
#0121	10	1	2	
#0122	13	1	2	

ORDEN DE MEZCLA	hs	SABOR	FORMATO	FORMATO	tons/hs (Linea)
#0101	4	3	0	0	
#0102	4	2	0	1	
#0103	4	1	0	2	
#0104	3	3	0	Δ	1
#0105	4	3	0	□	
#0106	4	2	0	○	
#0107	3	1	0		
#0108	3	2	0		
#0109	3	3	0		
#0110	7	3	0		
#0111	4	3	0		
#0112	3	2	0		
#0113	3	1	0		
#0114	2	1	0		
#0115	4	1	0		
#0116	7	1	0		
#0117	4	3	0		
#0118	3	3	0		
#0119	5	2	0		
#0120	4	1	0		
#0121	5	1	0		
#0122	7	1	0		

EFICIENCIA DE LINEA:

- Todas las líneas tienen una eficiencia de 1 ton/h.

LOTES URGENTES:

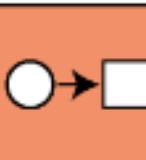
⚠ Los lotes urgentes **duplican sus toneladas** al momento de calcular la producción de la planta.

TAREAS NO PRODUCTIVAS



Limpieza

6



Cambio
de Formato

6



Capacitación

8

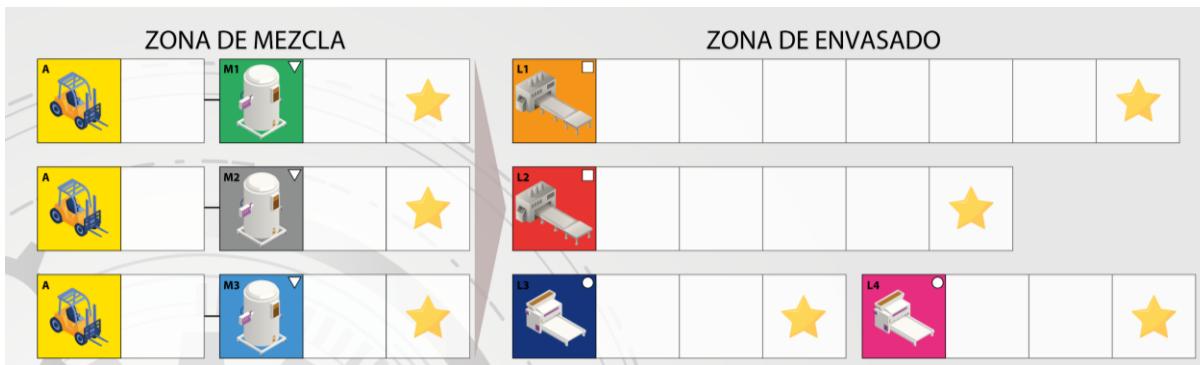


Cambio
de Formato

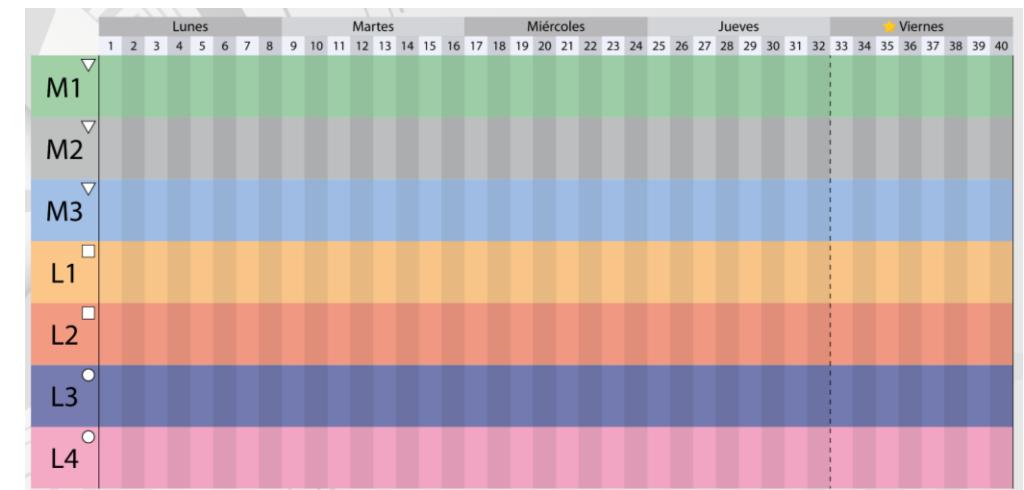
4

Dinámica del Juego

1) Dotación: 5 min



2) Planificación: 15 min



1) Dotación: Ausentismo



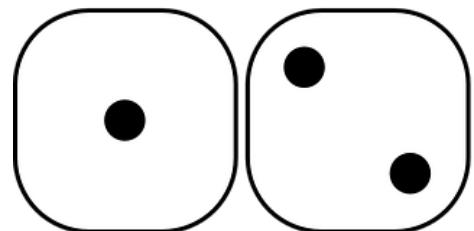
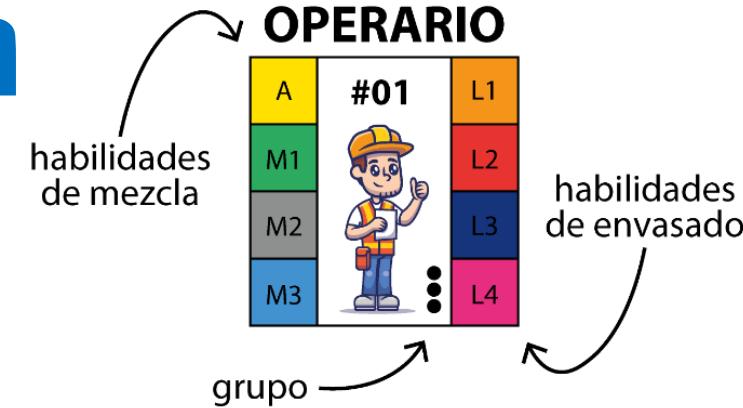
Antes de comenzar:

Se colocan todas las **fichas de operarios boca abajo**, se arrojan los **dos dados** y se **saca al azar** la cantidad indicada. Estos operarios no podrán ser utilizados.

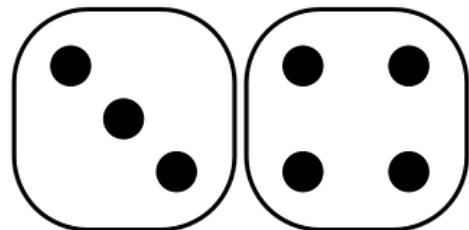
1) Dotación: Grupo a Zona de Mezcla

Antes de comenzar:

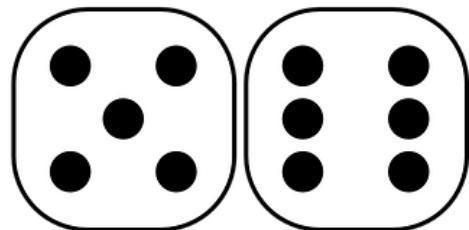
Se lanza **un solo dado** para definir **qué grupo va a Zona de Mezcla** (el resto va a Zona de Envasado)



→ **Grupo 1 a Zona de Mezcla** (Grupos 2 y 3 a Envasado)



→ **Grupo 2 a Zona de Mezcla** (Grupos 1 y 3 a Envasado)



→ **Grupo 3 a Zona de Mezcla** (Grupos 1 y 2 a Envasado)

Datos Operarios: Ejemplo

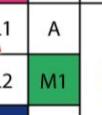
#Operario	Grupo	A1	A2	A3	M1	M2	M3	L1	L2	L3	L4	Ausente
#01	3				1				1	1		
#02	1				1	1			1		1	
#03	3				1							
#04	1	1	1	1				1		1		
#05	2				1						1	
#06	3					1	1	1				
#07	2				1						1	
#08	2					1				1		
#09	1									1	1	
#10	1				1			1				SI
#11	1							1				
#12	3	1	1	1		1		1				
#13	3								1	1		
#14	2					1	1				1	SI
#15	1	1	1	1		1			1			
#16	2				1	1		1	1	1	1	
#17	2	1	1	1		1			1		1	
#18	2					1			1	1	1	
#19	3					1	1			1		SI
#20	2				1							
#21	1					1	1			1		SI
#22	3				1					1	1	
#23	3						1				1	
#24	3	1	1	1		1	1				1	SI
#25	3								1			
#26	1	1	1	1			1		1	1		
#27	1	1	1	1	1			1				
#28	2	1	1	1				1				
#29	1	1	1	1						1		
#30	2				1					1		

Grupo Mezcla
3

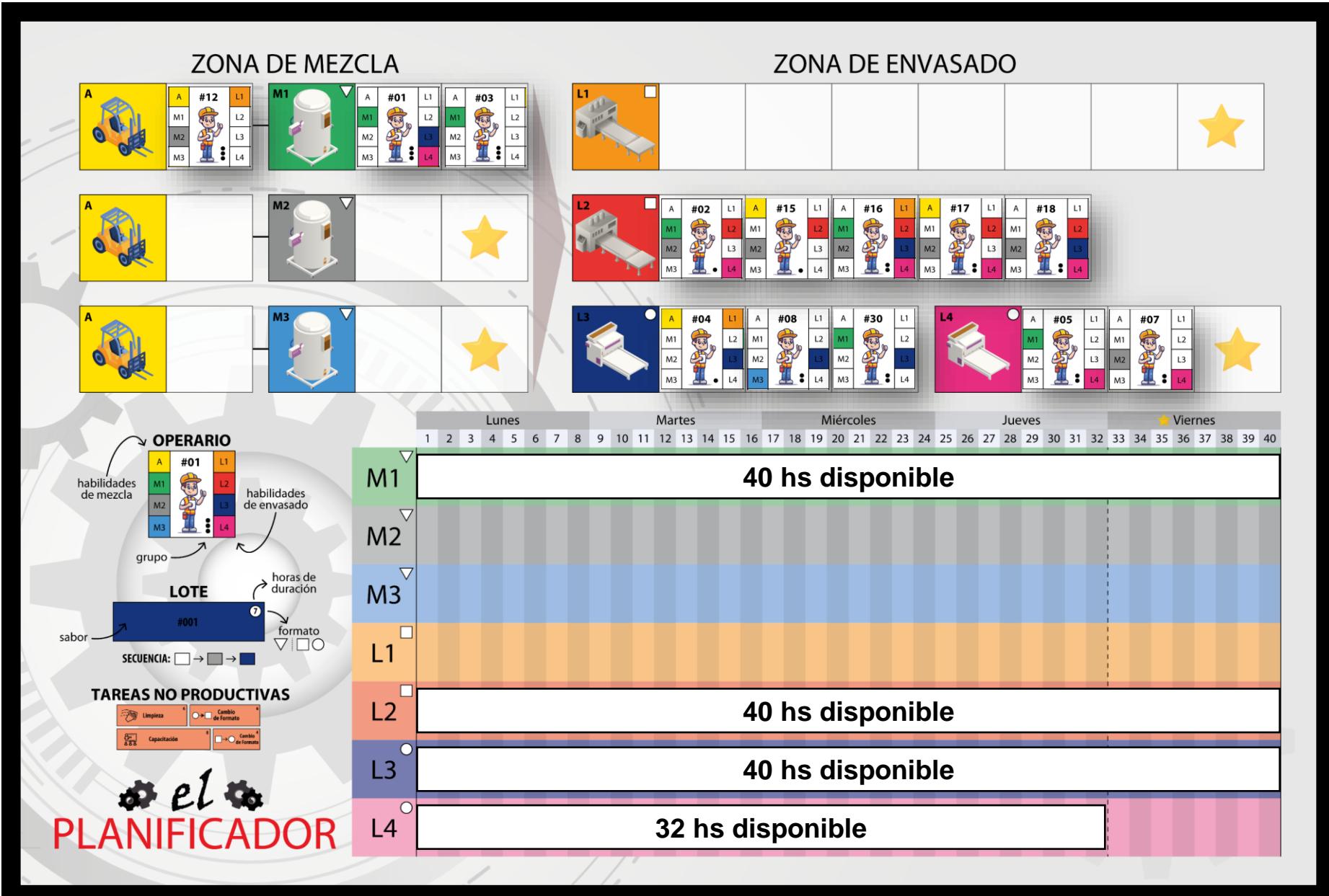
Ausentes -> 5:
#10, #14, #19, #21 y #24

Grupo 3 -> Mezcla
Grupo 1 y 2 -> Envasado

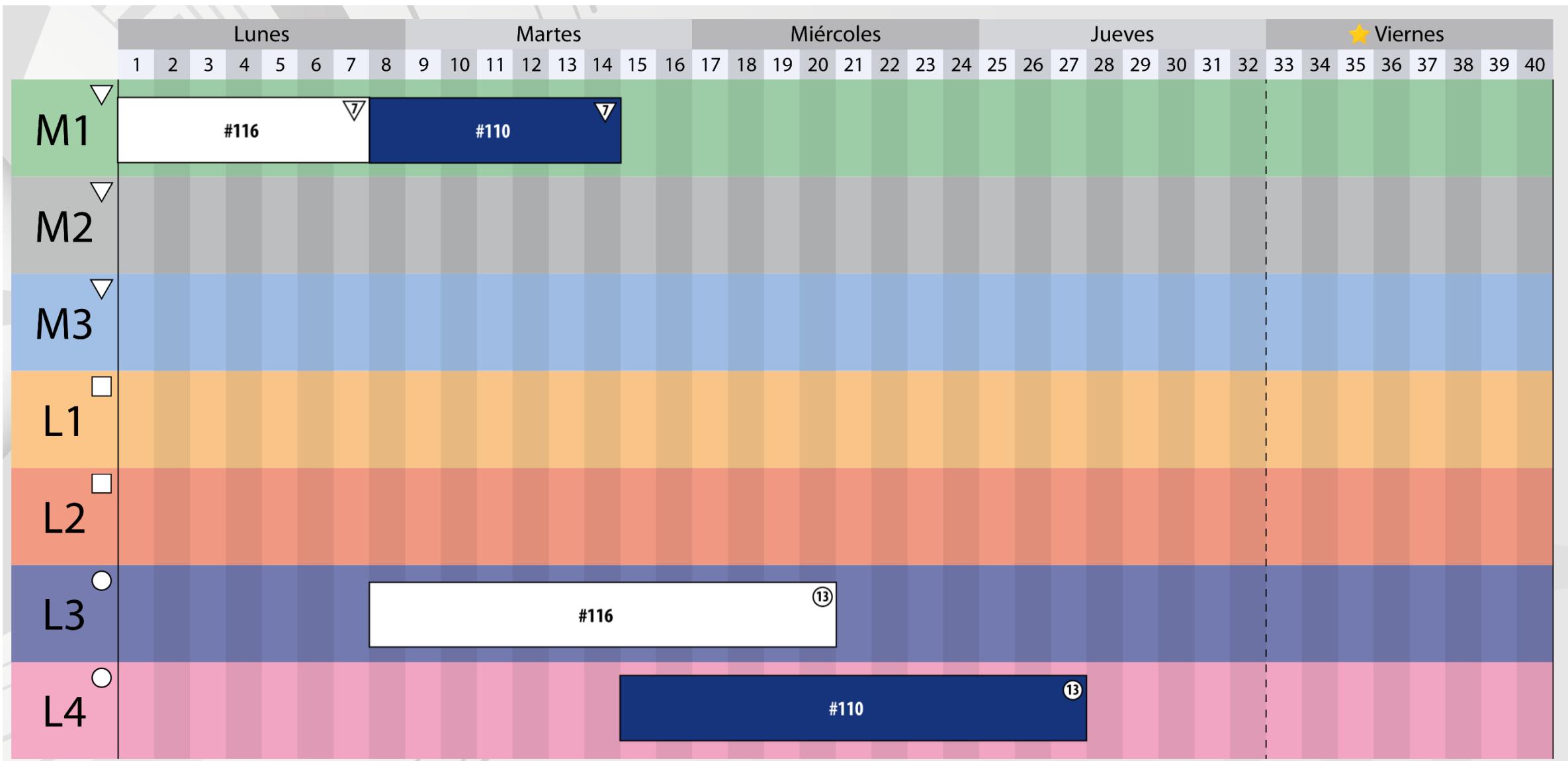
Datos Operarios

A	#01	L1	A	#02	L1	A	#03	L1	A	#04	L1	A	#05	L1
M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2
M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3
M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4
A	#06	L1	A	#07	L1	A	#08	L1	A	#09	L1	A	#10	
M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2
M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3
M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4
A	#11	L1	A	#12	L1	A	#13	L1	A	#14	L1	A	#15	L1
M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2
M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3
M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4
A	#16	L1	A	#17	L1	A	#18	L1	A	#19	L1	A	#20	L1
M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2
M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3
M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4
A	#21	L1	A	#22	L1	A	#23	L1	A	#24	L1	A	#25	L1
M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2
M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3
M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4
A	#26	L1	A	#27	L1	A	#28	L1	A	#29	L1	A	#30	L1
M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2	M1		L2
M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3	M2		L3
M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4	M3		L4

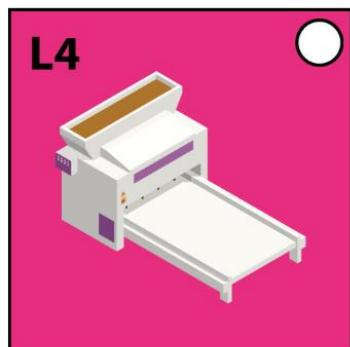
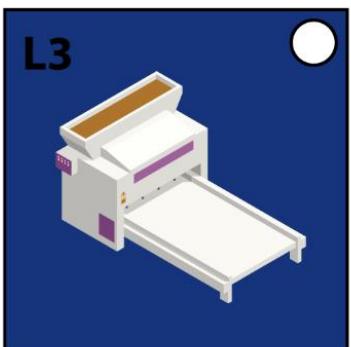
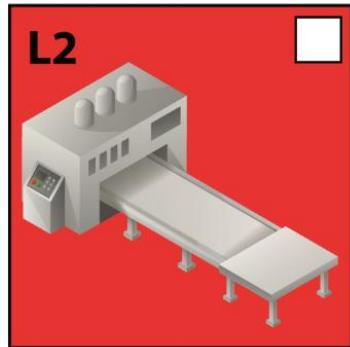
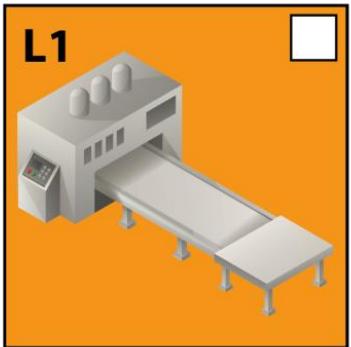
Ejemplo de Asignación de Dotación



2) Planificación: 15 min



2) Planificación: Toneladas producidas



Velocidad de producción:

Las cuatro líneas tienen una eficiencia
de 1 tonelada por hora

Objetivo

*“El **objetivo del juego** es **producir la mayor cantidad** posible de **toneladas de producto** terminado (lotes de envasado).”*



A background graphic featuring several interlocking gears in shades of gray and white, with dashed lines radiating from the center, creating a mechanical and dynamic feel.

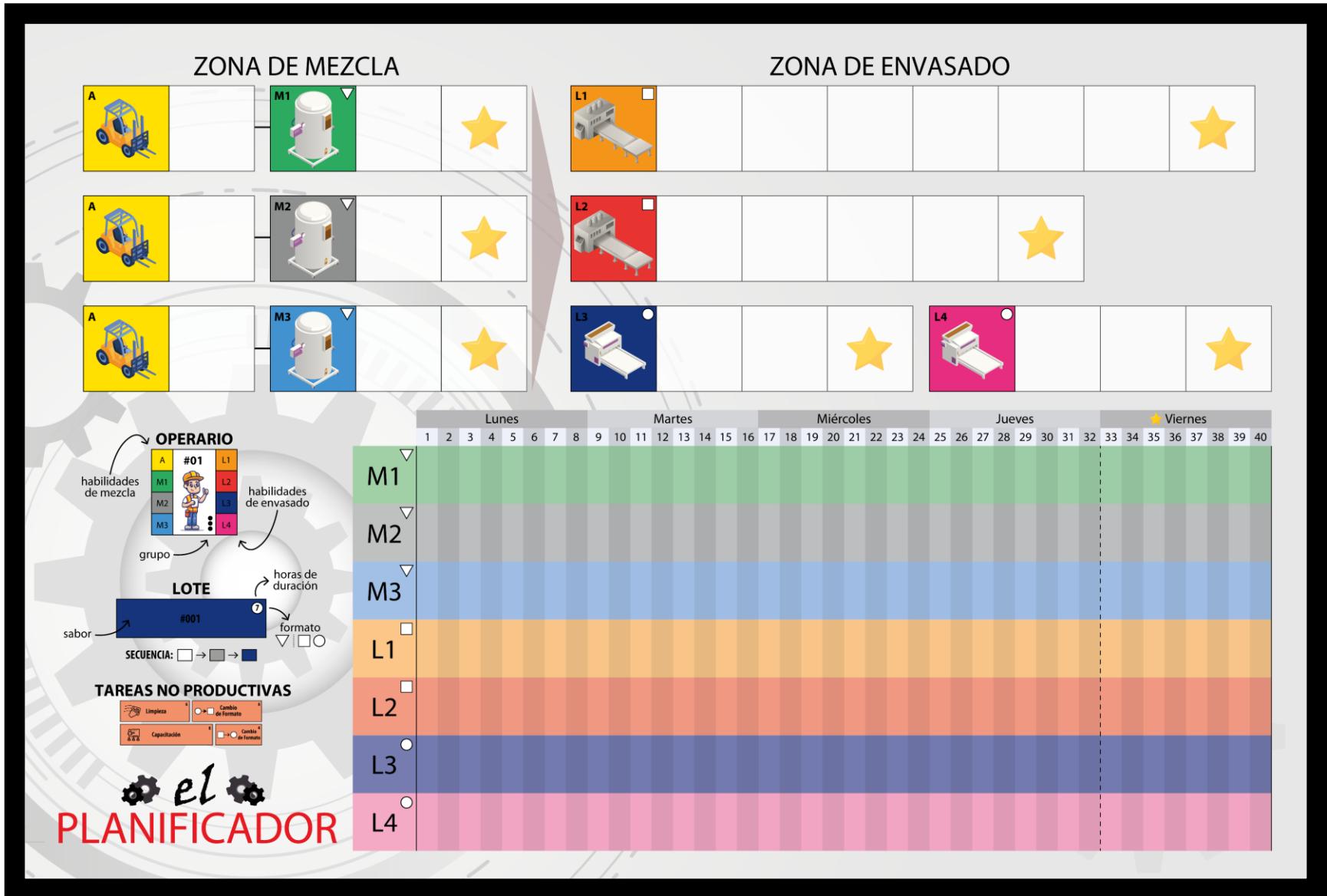
¡A JUGAR!

el PLANIFICADOR

**1) Ya pueden
armar la
Dotación!
Tienen 5 min**

00:04:37

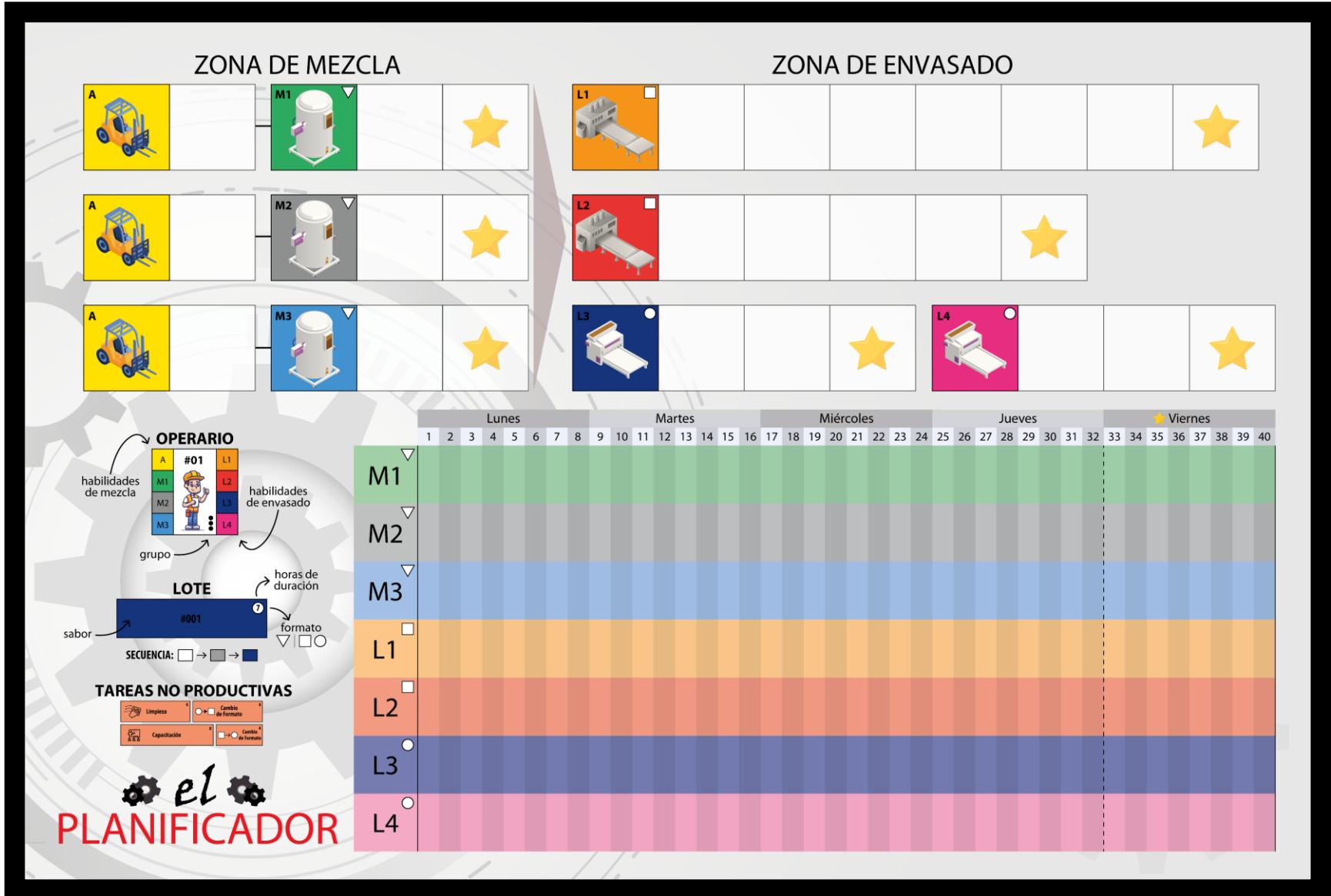
Sacar Foto de la Dotación!



**2) Ya pueden
armar la
Planificación!
Tienen 15 min**

00:15:00

Sacar Foto de la Planificación!





el PLANIFICADOR

Ejemplo de Modelización:

“Modelo de Asignación de Operarios”

Definición del Modelo

Objetivo del problema

Asignar operarios a distintas máquinas en una planta industrial, considerando:

- Habilidades de los operarios y posibilidad de capacitar a uno de ellos (8 hs)
- Requerimientos de personal por máquina (mínimos y totales)
- Si se asigna el mínimo, se restan 8 hs de disponibilidad de máquina
- Restricciones por grupo y zona de trabajo (mezcla vs envasado)
- Dotación total de 30 operarios con posible ausentismo
- Máquinas A1, A2, A3, M1, M2, M3, L1, L2, L3 y L4

Se busca **maximizar las horas productivas** de las máquinas.



Organización de los Datos 1/3

Conjuntos

- I : conjunto de operarios
- J : conjunto de máquinas
- $J_M \subseteq J$: subconjunto de máquinas en zona de mezcla
- $J_E \subseteq J$: subconjunto de máquinas en zona de envasado
- $J_A \subseteq J$: subconjunto de máquinas de abastecimiento

#Operario	Grupo	J_A			J_M			J_E			J		Ausente
		A1	A2	A3	M1	M2	M3	L1	L2	L3	L4		
#01	3				1					1	1		
#02	1				1	1			1				
#03	3				1								
#04	1	1	1	1				1		1			
#05	2				1						1		
#06	3					1	1	1					
#07	2					1					1		
#08	2						1			1			
#09	1									1	1		
#10	1				1			1					SI
#11	1							1					
#12	3	1	1	1		1		1					
#13	3								1	1			
#14	2						1	1			1		SI
#15	1	1	1	1		1			1				
#16	2				1	1		1	1	1	1		
#17	2	1	1	1		1			1		1		
#18	2					1			1	1	1		
#19	3						1	1		1			SI
#20	2					1							
#21	1					1	1			1			SI
#22	3				1					1	1		
#23	3							1			1		
#24	3	1	1	1		1	1				1		SI
#25	3									1			
#26	1	1	1	1			1		1	1			
#27	1	1	1	1	1				1				
#28	2	1	1	1									
#29	1	1	1	1						1			
#30	2				1					1			

Organización de los Datos 2/3

Parámetros

- $habilidades_{ij} \in \{0, 1\}$: 1 si el operario i puede operar la máquina j
- $ausente_i \in \{0, 1\}$: 1 si el operario i está ausente
- $grupo_i \in \{1, 2, 3\}$: grupo al que pertenece el operario i

#Operario	Grupo	A1	A2	A3	M1	M2	M3	L1	L2	L3	L4	Ausente
#01	3				1					1	1	
#02	1				1	1			1		1	
#03	3				1							
#04	1	1	1	1				1		1		
#05	2				1						1	
#06	3					1	1	1				
#07	2					1					1	
#08	2						1			1		
#09	1									1	1	
#10	1				1			1				SI
#11	1							1				
#12	3	1	1	1		1		1				
#13	3								1	1		
#14	2						1	1			1	SI
#15	1	1	1	1		1			1			
#16	2					1	1		1	1	1	
#17	2	1	1	1		1			1		1	
#18	2					1			1	1	1	
#19	3						1	1		1		SI
#20	2					1						
#21	1						1	1			1	SI
#22	3				1					1	1	
#23	3							1			1	
#24	3	1	1	1		1	1				1	SI
#25	3										1	
#26	1	1	1	1			1		1	1		
#27	1	1	1	1	1			1				
#28	2	1	1	1								
#29	1	1	1	1						1		
#30	2				1					1		

Organización de los Datos 3/3

Parámetros

- q_j^{full} : cantidad total de puestos necesarios para operar normalmente la máquina j (lunes a viernes)
- q_j^{min} : cantidad mínima de puestos necesarios para operar la máquina j (lunes a jueves)

	A1	A2	A3	M1	M2	M3	L1	L2	L3	L4
q^{full}	1	1	1	1	1	1	6	4	2	2
q^{min}	1	1	1	2	2	2	7	5	3	3

- $grupo_M \in \{1, 2, 3\}$: grupo de operarios asignado a la zona de mezcla



Variables

Variables de Decisión

- $x_{ij} \in \{0, 1\}$: 1 si el operario i está asignado a la máquina j
 - $y_j \in \{0, 1\}$: 1 si la máquina j opera con dotación completa
 - $y_j^{min} \in \{0, 1\}$: 1 si la máquina j opera con dotación mínima
 - $c_{ij} \in \{0, 1\}$: 1 si el operario i es capacitado para la máquina j

	A1	A2	A3	M1	M2	M3	L1	L2	L3	L4
y	1		1	1				1	1	1
y^{\min}						1				

Funcional

Expresiones Auxiliares

$$\text{horas_mezcla} = \sum_{j \in J_M} (40 \cdot y_j + 32 \cdot y_j^{\min}) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_M \cup J_A} 8 \cdot c_{ij}$$

$$\text{horas_envasado} = \sum_{j \in J_E} (40 \cdot y_j + 32 \cdot y_j^{\min}) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_E} 8 \cdot c_{ij}$$

Función Objetivo

Maximizar:

$$\text{horas_mezcla} + \text{horas_envasado}$$

La función objetivo busca maximizar las horas efectivas de funcionamiento de las zonas de mezcla y envasado, descontando las horas utilizadas en capacitación.

Restricciones

Nº	Restricción	Descripción
#01	Un operario solo puede ser asignado a una máquina.	Lógica de asignación exclusiva.
#02	No más operarios que puestos por máquina.	Capacidad máxima de cada máquina.
#03	Si el operario está ausente, no se lo asigna.	Restricción de disponibilidad.
#04	Solo se puede asignar si el operario está capacitado o se lo capacita.	Habilidad + entrenamiento.
#05	Si todos los puestos están cubiertos, máquina está activa.	Lógica binaria de activación.
#06	Si los puestos mínimos están cubiertos, máquina está activa al mínimo	Lógica binaria de activación mínima
#07	No se puede activar a la vez "activa" y "activa mínima".	Lógica de exclusividad.
#08–#10	Las mezcladoras M1, M2, M3 dependen de que esté activa A1, A2, A3.	Reglas de precedencia.
#11	Operarios del grupo mezcla no pueden ir a envasado.	Regla de asignación
#12	Los demás grupos solo pueden ir a envasado.	Regla de asignación
#13	Solo se permite capacitar a un único operario.	Límite de capacitación.

Restricciones

R1. $\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I$

Cada operario puede ser asignado, como máximo, a una única máquina.

R2. $\sum_{i \in I} x_{ij} \leq q_j^{full} \quad \forall j \in J$

La cantidad de operarios asignados a una máquina no puede superar los puestos disponibles.

R3. $\sum_{j \in J} x_{ij} = 0 \quad \forall i \in I$ tal que $ausente_i = 1$

Si un operario está ausente, no puede ser asignado a ninguna máquina.

R4. $x_{ij} \leq habilidades_{ij} + c_{ij} \quad \forall i \in I, j \in J$

Solo se puede asignar un operario a una máquina si ya tiene habilidad o si será capacitado.

Restricciones

$$R5. \sum_{i \in I} x_{ij} \geq q_j^{full} \cdot y_j \quad \forall j \in J$$

Una máquina opera con dotación completa si se cubren todos sus puestos requeridos.

$$R6. \sum_{i \in I} x_{ij} \geq q_j^{min} \cdot y_j^{min} \quad \forall j \in J$$

Una máquina puede operar con dotación mínima si se cumple con la cantidad mínima de puestos.

$$R7. y_j + y_j^{min} \leq 1 \quad \forall j \in J$$

Una máquina no puede estar activa con dotación completa y mínima al mismo tiempo.

$$R8. y_{A1} = y_{M1} + y_{M1}^{min}$$

La mezcladora M1 solo puede funcionar si también está activo su autoelevador A1.

$$R9. y_{A2} = y_{M2} + y_{M2}^{min}$$

La mezcladora M2 solo puede funcionar si también está activo su autoelevador A2.

Restricciones

R10. $y_{A3} = y_{M3} + y_{M3}^{min}$

La mezcladora M3 solo puede funcionar si también está activo su autoelevador A3.

R11. $\sum_{j \in J_E} x_{ij} = 0 \quad \forall i \in I \text{ con } grupo_i = grupo_M$

Los operarios del grupo asignado a mezcla no pueden ser asignados a envasado.

R12. $\sum_{j \in J_M} x_{ij} = 0 \quad \forall i \in I \text{ con } grupo_i \neq grupo_M$

Los operarios que no pertenecen al grupo de mezcla no pueden ser asignados a esa zona.

R13. $\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} \leq 1$

Solo se permite capacitar a un único operario.

IBM Optimization Studio

