

Entrega 2: Solver, Optimización de Turnos y Análisis de Resultados

INF292 – Optimización
Campus San Joaquín - Grupo 2

Integrantes:

Fernanda López Saldías	202373638-4
Matías Romo Vargas	202373632-5
Simón Parra Saldías	202373560-4
Vicente Jiménez Sepúlveda	202373523-k

Noviembre 2025

1. Modelo Matemático

Conjuntos, Parámetros y Variables

Conjuntos e índices:

T : Trabajadores, indexados por $i \in T$.

D : Días del horizonte de planificación, $D = \{1, 2, \dots, H\}$, con $j \in D$.

S : Turnos disponibles por día, indexados por $t \in S$.

W_k : Días del fin de semana de la semana k , donde $W_k = \{\text{sábado, domingo}\}$, y $K = \lfloor \frac{H}{7} \rfloor$.

Parámetros:

$c_{i,j,t}$: Disposición de i para el turno t del día j , con valores entre 0 y 10.

$r_{j,t}$: Demanda requerida de trabajadores para el turno t del día j .

$a_{i,j,t}$: Disponibilidad binaria, definida como:

$$a_{i,j,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } c_{i,j,t} > 0, \\ 0 & \text{si } c_{i,j,t} = 0. \end{cases}$$

Variables de decisión:

$x_{i,j,t}$: Binaria. 1 si el trabajador i es asignado al turno t del día j .

$y_{i,k}$: Binaria. 1 si el trabajador i realiza al menos un turno en el fin de semana k .

Función Objetivo

$$\max Z = \sum_{i \in T} \sum_{j \in D} \sum_{t \in S} c_{i,j,t} \cdot x_{i,j,t}$$

Interpretación: Se maximiza la disposición total del personal asignado, favoreciendo la asignación de turnos a quienes tienen mayor disposición declarada. Esto permite una planificación más eficiente y respetuosa con las preferencias individuales.

Restricciones

$$\begin{aligned}
 \text{(R1)} \quad & \sum_{i \in T} x_{i,j,t} = r_{j,t} \quad \forall j \in D, t \in S \\
 \text{(R2)} \quad & x_{i,j,t} \leq a_{i,j,t} \quad \forall i, j, t \\
 \text{(R3)} \quad & \sum_{t \in S} x_{i,j,t} \leq 2 \quad \forall i, j \\
 \text{(R4)} \quad & x_{i,j,\text{noche}} + x_{i,j+1,\text{mañana}} \leq 1 \quad \forall i, j < H \\
 \text{(R5)} \quad & y_{i,k} + y_{i,k+1} + y_{i,k+2} \leq 2 \quad \forall i, k \leq K - 2 \\
 \text{(R5.1)} \quad & x_{i,d,t} \leq y_{i,k} \quad \forall d \in W_k, t \in S \\
 & y_{i,k} \leq \sum_{d \in W_k} \sum_{t \in S} x_{i,d,t} \quad \forall i, k \\
 \text{(R6)} \quad & x_{i,j,t}, y_{i,k} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, t, k
 \end{aligned}$$

Explicación de las Restricciones

R1: Garantiza que cada turno sea cubierto exactamente por la cantidad requerida de trabajadores.

R2: Asegura que solo se asignen turnos a trabajadores disponibles.

R3: Limita la carga diaria de cada trabajador a un máximo de dos turnos.

R4: Impide asignaciones consecutivas de noche y mañana para respetar los descansos.

R5: Evita que un trabajador trabaje tres fines de semana seguidos, promoviendo el equilibrio.

R5.1: Define cuándo se activa la variable $y_{i,k}$, vinculándola con la actividad real en fines de semana.

R6: Define la naturaleza binaria de las variables de decisión, asegurando que las asignaciones sean discretas.

Notas explicativas

- **Eliminación de tope de carga:** Se descarta la restricción sobre el total de turnos por trabajador planteada en la entrega 1. La carga se regula mediante R3, R5 y la función objetivo.
- **R5 y R5.1:** R5 limita la frecuencia de trabajo en fines de semana; R5.1 define cuándo se activa esa condición. Juntas aseguran control lógico y preciso.
- **R4 en instancias pequeñas:** Si S solo incluye día y noche, R4 no aplica. Debe considerarse al validar instancias.

2. Generador de Instancias y Factibilidad

El generador fue implementado en **Python** y se encuentra en:

```
generador/src/Generador_1_Grupo2_OPTI_SJ.py
```

Este script genera **cinco instancias por cada tamaño** (*small, medium, large*), siguiendo los rangos establecidos en el enunciado. Las instancias se almacenan en carpetas separadas dentro de:

```
generador/instancias/
```

El código fuente completo está disponible en el repositorio de GitHub [1]. Además, se incluye un script de chequeo que valida condiciones de factibilidad y genera resúmenes estadísticos por instancia.

Lógica de Generación

Se utilizó la semilla 42 para asegurar reproducibilidad. El generador elimina carpetas previas para evitar residuos y garantizar un entorno limpio en cada ejecución.

- Se generan aleatoriamente los días, trabajadores y turnos según el tipo de instancia:
 - *Small*: 5–7 días, 5–15 trabajadores, turnos día y noche.
 - *Medium*: 7–14 días, 15–45 trabajadores, turnos mañana, tarde, noche.
 - *Large*: 14–28 días, 45–90 trabajadores, mismos turnos que *medium*.
- Para cada día y turno, se genera una demanda $r_{j,t}$ con distribución normal truncada en cero, ajustada por:
 - Disponibilidad efectiva (trabajadores con disposición positiva).
 - Capacidad máxima diaria (`max_turnos_dia` × trabajadores).
- Las disposiciones $c_{i,j,t} \sim \mathcal{U}\{0, 10\}$ se asignan por trabajador, día y turno.
- Cada instancia se guarda en dos formatos:
 - `.json`: incluye metadatos, demanda y disposiciones.
 - `.csv`: contiene las disposiciones individuales por fila.

Condiciones de Factibilidad en la Generación

El generador fue diseñado para producir instancias estructuralmente válidas, es decir, con datos completos, consistentes y compatibles con el modelo matemático. Esto implica que cada instancia contiene trabajadores, días, turnos, disposiciones y demandas bien definidas, sin errores lógicos ni violaciones formales.

Además, se incorporan controles que reflejan las restricciones del modelo desde la etapa de generación:

- **R1 (Cobertura):** La demanda por turno se ajusta según la cantidad de trabajadores disponibles con disposición positiva.
- **R3 (Carga diaria):** Se limita la suma de turnos por día, escalando la demanda si excede la capacidad total del equipo.
- **R5 (Fines de semana):** Se evita congestión en sábado y domingo, respetando la carga global del equipo.

Aunque no se incluye una restricción explícita sobre el total de turnos por trabajador (R6), la carga se regula indirectamente mediante R3, R5 y la función objetivo. Las instancias *small* tienden a ser factibles, mientras que en *medium* y *large* la factibilidad depende de la relación entre demanda y disposición.

Importante: Que una instancia sea estructuralmente válida no implica que sea resoluble. La factibilidad se evalúa posteriormente mediante el modelo LPE, que determina si existe una asignación que cumpla todas las restricciones. Este enfoque permite estudiar cómo influyen los parámetros generados aleatoriamente en la posibilidad de encontrar soluciones válidas, sin alterar artificialmente las instancias para forzar su resolución.

Referencias

- [1] Matías Romo Vargas et al. *proyecto-inf292-Generador de Instancias para Asignación de Turnos Hospitalarios*. Accedido en octubre de 2025. 2025. URL: <https://github.com/josephors/proyecto-inf292#>.