



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO FINAL DE GRADO

INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN

---

**Modelos de distribución de tareas en procesos  
productivos para la inclusión de personas con  
discapacidad**

---

*Autores*

Michele Blasiak  
Julieta Oberti  
Jimena Strechia

*Tutores*

Héctor Cancela (InCo)  
Patricia Quintana (IIMPI)

Mayo 2024

*“(...) la discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás(...)”*

Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad [16]

# Resumen Ejecutivo

Este documento contiene el trabajo realizado dentro del Proyecto Final de Grado de la carrera de Ingeniería en Producción. En el mismo se aborda el problema de asignación de tareas en el área de servicios para personas con discapacidad, aplicado al caso de estudio del Proyecto Pasantías Laborales, dentro del Servicio de Atención a la Ciudadanía (SAC) en la Intendencia de Montevideo (IdeM).

La inclusión de personas con discapacidad en el ambiente laboral es un desafío desde el punto de vista físico, social, cultural y educativo. Durante este proyecto se trabajó de forma conjunta con la Secretaría de Discapacidad de la IdeM para la asignación de 16 pasantes a tareas dentro del SAC. Se llevó a cabo un relevamiento físico de las oficinas y de las tareas a realizar y se evaluaron algunas adaptaciones que serían necesarias para la integración de personas con discapacidad. Se trabajó luego con todo el equipo para realizar dicha asignación y a partir de esta experiencia se realizó un modelo de programación matemática para sistematizar esta actividad. Este modelo resultó lo suficientemente flexible para contemplar distintas restricciones y aspectos deseables de la tarea pudiendo ser extendible y aplicable a futuros escenarios. Como sucede frecuentemente, la de asignación no contempla un único criterio y por lo tanto se experimenta con cuatro funciones objetivo distintas que permiten obtener diferentes resultados para un posterior análisis y toma de decisiones informada.

Como parte del trabajo, se realizó una etapa de validación del modelo, y luego se aplicó al caso de estudio del Proyecto Pasantías Laborales. Los resultados obtenidos mostraron que la asignación realizada manualmente fue muy similar a la obtenida por el modelo cuando se consideró la función objetivo de optimizar la prioridad de los pasantes. El proyecto incluyó también el estudio de una variante del modelo que agrega las cuatro funciones objetivo de manera ponderada, como metodología aplicable en el caso que se pretenda tener en cuenta todos los objetivos en conjunto. Finalmente, se presenta una herramienta práctica para la ejecución del modelo y se enumeran algunas recomendaciones.

Se concluye que aún hay trabajo por hacer y que este modelo es un puntapié para poner el tema sobre la mesa y comenzar a explorar herramientas que permitan a las organizaciones ser más inclusivas y accesibles.

***Palabras clave: asignación de tareas, programación matemática, personas con discapacidad, ingeniería en producción, accesibilidad***

***Keywords: Work assignment problem, task assignment, mathematical programming, people with disabilities, production engineering.***



# Agradecimientos

A través de estas palabras queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de este proyecto de fin de grado. Su apoyo y orientación fueron fundamentales para alcanzar este importante hito en nuestra carrera académica.

Agradecemos a la Facultad de Ingeniería que nos proporcionó los recursos y el ambiente propicio para llevar a cabo este trabajo y en especial a nuestros tutores Héctor Cancela y Patricia Quintana por su invaluable dedicación a lo largo de todo el proceso. Sus conocimientos, consejos y retroalimentación fueron muy importantes para lograr los objetivos planteados.

A su vez queremos expresar nuestro reconocimiento a la Secretaría de Discapacidad de la Intendencia de Montevideo, en particular al responsable, Martín Nieves, así como a Álvaro González y a Victoria González, miembros de la oficina. Fue fundamental para este trabajo el aporte del Servicio de Atención a la Ciudadanía (SAC), y particularmente de las siguientes personas: Federico Rosadilla, responsable del SAC; Martín Rosas, Coordinador gral. del SAC; Lucía Rodríguez, Jefa administrativa del SAC; Fiorella Vitacca, Jefa de UCAT (Call Center); Lorena Franquez, Jefa de ANP (Buzón Ciudadano); Agustina de León, Jefa Módulos de Informes; Sofía Vidart, Subjefa Atención Presencial.

Agradecemos también a nuestros colegas por su apoyo y por compartir con nosotras experiencias y conocimientos que enriquecieron este proyecto y guiaron su curso.

Por último, agradecemos el gran soporte de nuestras familias y amigos que sin duda fueron el motor principal a lo largo de nuestra formación y durante el transcurso de este trabajo.



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>13</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>15</b>
2.1. Definiciones básicas . . . . .	15
2.1.1. Concepto de discapacidad . . . . .	15
2.1.2. Concepto de discriminación . . . . .	17
2.1.3. Accesibilidad . . . . .	18
2.2. Discapacidad en el entorno laboral . . . . .	18
2.2.1. Contexto internacional . . . . .	19
2.2.2. Contexto uruguayo . . . . .	20
2.3. Conceptos técnicos . . . . .	21
2.3.1. Modelado matemático . . . . .	21
2.3.2. Problemas de asignación . . . . .	22
2.3.3. Problema de optimización multiobjetivo . . . . .	23
<b>3. Caso de estudio</b>	<b>25</b>
3.1. Servicio de Atención a la Ciudadanía (SAC) . . . . .	25
3.2. Secretaría de Discapacidad (SD) . . . . .	26
3.2.1. Proyecto SUMA . . . . .	27
3.3. Proyecto Pasantías Laborales . . . . .	27
3.3.1. Relevamiento de accesibilidad . . . . .	28
3.3.2. Asignación de tareas . . . . .	29
3.4. Reuniones realizadas . . . . .	29
3.5. Metodologías de inserción laboral para personas con discapacidad . . . . .	31
3.5.1. Metodología Adaptyar . . . . .	32
3.5.2. Método de perfiles Lantegi Batuak . . . . .	33
3.5.3. Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME . . . . .	34
<b>4. Modelo Matemático</b>	<b>37</b>
4.1. Trabajos Previos . . . . .	37
4.2. Formulación del modelo . . . . .	38
4.2.1. Conjuntos y parámetros . . . . .	39

4.2.2. Variables . . . . .	40
4.2.3. Restricciones . . . . .	40
4.2.4. Funciones objetivo . . . . .	42
4.2.5. Ponderación de funciones objetivo . . . . .	43
4.2.6. Formulación matemática . . . . .	43
4.3. Consideraciones previas . . . . .	44
4.3.1. Versión alternativa . . . . .	45
4.4. Validación del modelo . . . . .	45
4.4.1. Objetivo: optimizar prioridades (OptPri) . . . . .	46
4.4.2. Objetivo: minimizar puestos extra (MinPE) . . . . .	47
4.4.3. Objetivo: minimizar puestos libres (MinPL) . . . . .	49
4.4.4. Objetivo: maximizar beneficios (MaxBen) . . . . .	50
<b>5. Aplicación al caso de estudio</b>	<b>53</b>
5.1. Procesamiento de Datos . . . . .	53
5.2. Resultados obtenidos . . . . .	56
5.3. Análisis de sensibilidad . . . . .	60
5.3.1. Ponderación de funciones objetivo . . . . .	60
5.3.2. Variación de puestos libres y extra . . . . .	62
5.4. Relevamiento post inserción . . . . .	65
5.5. Recomendaciones . . . . .	67
5.6. Herramienta práctica . . . . .	69
<b>6. Conclusiones</b>	<b>73</b>
6.1. Trabajo a futuro . . . . .	73
6.1.1. Técnicas de resolución de problemas . . . . .	74
6.1.2. Aspectos a considerar . . . . .	74
6.2. Reflexiones finales . . . . .	75
<b>A. Anexo I: Estado del Arte</b>	<b>81</b>
<b>B. Anexo II: Informe básico de accesibilidad</b>	<b>133</b>
<b>C. Anexo III: Demandas de los puestos de trabajo</b>	<b>151</b>
<b>D. Anexo IV: Escenario para el caso de estudio</b>	<b>163</b>
<b>E. Anexo V: Manual de uso de herramienta práctica</b>	<b>165</b>
<b>F. Anexo VI: Herramienta práctica y archivos para correrlo</b>	<b>181</b>

# Índice de figuras

2.1. Comparación del estado laboral para personas con y sin discapacidad a partir de datos obtenidos de ILOSTAT (elaboración propia) . . . . .	19
2.2. Ejemplo de frente de Pareto para un problema con dos objetivos (elaboración propia) . . . . .	24
5.1. Análisis de los valores de la función objetivo normalizados . . . . .	59
5.2. Gráfico radial de los valores de la función objetivo . . . . .	59
5.3. Algunas capturas de las pestañas para ingreso de datos . . . . .	70
5.4. Pestaña Herramienta del archivo Excel . . . . .	70



# Índice de tablas

4.1. Notación utilizada . . . . .	44
4.2. Validación prioridades. Escenario 1 . . . . .	46
4.3. Validación prioridades. Escenario 3 . . . . .	47
4.4. Validación puestos extra. Escenario 1 . . . . .	47
4.5. Validación puestos extra. Escenario 3 . . . . .	48
4.6. Validación puestos extra. Escenario 4 . . . . .	48
4.7. Validación puestos libres. Escenario 1 . . . . .	49
4.8. Validación puestos libres. Escenario 2 . . . . .	50
4.9. Validación beneficios. Características de las tareas. . . . .	50
4.10. Validación beneficios. Escenario 1 . . . . .	51
4.11. Validación beneficios. Escenario 2 . . . . .	51
4.12. Validación beneficios. Escenario 4 . . . . .	52
4.13. Validación beneficios. Escenario 5 . . . . .	52
5.1. Datos ingresados para las tareas . . . . .	54
5.2. Prioridades de los pasantes . . . . .	54
5.3. Características de las tareas (restricciones y aspectos deseables) . . . . .	56
5.4. Comparación de resultados según los distintos objetivos y la asignación manual . . . . .	57
5.5. Valores de las funciones objetivo . . . . .	58
5.6. Valores de las funciones objetivo normalizados . . . . .	58
5.7. Mejores resultados para cada función objetivo (evaluado de manera individual)	60
5.8. Asignación de alfas y resultados . . . . .	61
5.9. Resultado a partir de los datos reales . . . . .	63
5.10. Resultado para el escenario con puestos deseados igual a cantidad de pasantes	63
5.11. Resultado para el escenario de puestos deseados según preferencia de pasantes	64
5.12. Resultado para el escenario en que se agrega un puesto deseado y uno extra	64
5.13. Resultado para el escenario en que se agrega un puesto extra a cada tarea .	65



# Capítulo 1

## Introducción

En la actualidad, la inclusión de personas con discapacidad en entornos laborales representa un desafío y una oportunidad para las organizaciones en términos de diversidad y responsabilidad social. En este contexto, los procesos juegan un papel crucial, donde la distribución eficiente y equitativa de tareas es fundamental para garantizar la participación plena y efectiva de todos los trabajadores, independientemente de sus capacidades físicas o cognitivas.

Un modelo de distribución de tareas es una forma de asignar y gestionar tareas sistemáticamente dentro de un equipo de trabajo, una organización o un grupo de personas, optimizando los recursos, buscando productividad y eficiencia. El objetivo principal es asegurar que las tareas correctas sean asignadas a las personas adecuadas, teniendo en cuenta sus habilidades, experiencia y carga de trabajo actual. Los modelos de distribución de tareas adquieren una relevancia especial al abordar la inclusión de personas con discapacidad. Estos modelos no solo deben ser eficientes desde el punto de vista productivo, sino también flexibles y adaptables para garantizar la integración efectiva de todos los miembros del equipo.

Un proceso productivo se define como la secuencia de procedimientos que se llevan a cabo para la producción de bienes o la prestación de servicios, abarcando desde la planificación inicial hasta la retroalimentación. En este proyecto final, se exploran diversos enfoques y estrategias para la distribución de tareas en procesos productivos, con especial énfasis en la inclusión de personas con discapacidad. Se analiza cómo se pueden diseñar y aplicar diferentes modelos para maximizar su participación, fomentando así un entorno laboral inclusivo que respeta la diversidad.

Aunque se han encontrado numerosos estudios relacionados con la maximización de la eficiencia en el proceso de generación de bienes, la bibliografía sobre la prestación de servicios y el trabajo en oficinas es menos extensa, y en lo que respecta a modelos de programación lineal entera, no se han hallado referencias hasta la fecha. Por lo tanto, a lo largo de este informe se busca integrar los distintos conceptos de inclusión laboral para personas con discapacidad y de asignación de tareas y aportar así un nuevo enfoque de trabajo y análisis. Para ello se trabaja de forma conjunta en un caso práctico en la Intendencia de Montevideo.

Según la normativa uruguaya, el Estado, los Gobiernos Departamentales, Entes Autónomos, Servicios Descentralizados y Personas de Derecho Público no Estatales, deben tener en su nómina al menos 4 % de sus empleados con discapacidad. Sin embargo, en la Intendencia, según lo mencionado en las reuniones mantenidas, el porcentaje de la fuerza laboral que presenta algún tipo de discapacidad es cerca del 1,5 %, y así se repite en muchos otros organizaciones. Los motivos por los cuales estos porcentajes no se cumplen son muchos y muy variados, incluyendo falta de accesibilidad física en el lugar de trabajo y falta de oportunidades socioeconómicas para las personas con discapacidad para acceder siquiera a postularse a los puestos vacantes, lo cual genera un círculo vicioso entre la pobreza y la discapacidad.

En la Intendencia se trabaja para mejorar esta situación, promoviendo políticas a través de la Secretaría de Discapacidad que impulsan la inclusión de la discapacidad tanto de forma externa como interna. En este marco es que se realiza el trabajo conjunto dentro del Proyecto Pasantías Laborales en la oficina de Servicio de Atención a la Ciudadanía, bajo el cual ingresaron a trabajar 16 pasantes, elegidos por cinco organizaciones distintas que trabajan con personas con discapacidad.

Este proyecto implicó tres principales desafíos: revisar exhaustivamente la bibliografía existente, identificar, analizar y sintetizar las investigaciones y desarrollos previos en el campo. En segundo lugar, acompañar el proceso de distribución de tareas para el Proyecto Pasantías Laborales en la Intendencia, lo que también incluyó realizar un relevamiento de las condiciones de cada puesto. Por último, modelar el proceso y sistematizarlo utilizando modelos de programación matemática para brindar una herramienta útil para la toma de decisiones.

A partir de aquí el documento se estructura de la siguiente manera: en el Capítulo 2 se presenta el marco teórico con las principales definiciones y conceptos abordados. Luego, en el Capítulo 3 se presenta la estructura de la Intendencia de Montevideo, el contexto del proyecto y la participación de la Facultad de Ingeniería, así como un breve resumen de los encuentros y tareas realizadas. En el Capítulo 4 se plantea un modelo matemático para el problema de asignación de tareas y se presenta su validación. Su aplicación al caso de estudio y posterior análisis de sensibilidad se encuentra a continuación, en el Capítulo 5. Aquí también se detallan algunas recomendaciones y se presenta una herramienta práctica para el uso del modelo. En el Capítulo 6 se establece una línea de trabajo para estudios posteriores y se presentan las conclusiones del trabajo. Finalmente, se incluyen en anexo el Estado del Arte, un Informe básico de accesibilidad, las planillas de demandas de los puestos de trabajo, el escenario para el caso de estudio, el manual de uso de la herramienta práctica y los archivos para utilizarla.

## Capítulo 2

# Marco teórico

En esta sección se definen por un lado, los conceptos de discapacidad, discriminación y accesibilidad, y se contextualiza sobre la discapacidad en el entorno laboral. Por otro lado, se enmarcan conceptos sobre modelos de asignación útiles para nuestro trabajo posterior.

Cabe destacar que la primera parte del marco teórico se realizó previo a comenzar con el Estado del Arte (disponible en el Anexo A) ya que fue de suma importancia definir estos conceptos antes de poder iniciar con la lectura de artículos e informes relacionados, de forma de poder comprender profundamente los distintos textos y análisis de los autores.

### 2.1. Definiciones básicas

Esta sección se centra en establecer las definiciones clave necesarias para abordar la discapacidad y la discriminación en el entorno laboral. Se exploran definiciones proporcionadas por organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud y las Naciones Unidas, así como otros términos relacionados. Como ya se mencionó, estas definiciones servirán como base conceptual para comprender los desafíos y proponer soluciones inclusivas en el ámbito laboral.

#### 2.1.1. Concepto de discapacidad

A modo de contextualizar, resulta fundamental poder comprender a qué se hace referencia al hablar del término discapacidad. Existen diversas organizaciones internacionales y nacionales que hicieron hincapié en este concepto para poder dar un marco de referencia. Para esto se desarrolla la definición que utiliza la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), principales organismos a nivel mundial que buscan asegurar la salud de todas las personas, desarrollando definiciones esenciales que abordan esta temática de manera integral y sensible. A su vez, se hace referencia a la definición que utiliza Uruguay dentro de su normativa legal para poder brindar la postura nacional sobre esta temática.

Según la convención internacional de derechos de personas con discapacidad de la ONU (definición adoptada por la OMS y la OPS), se define a las personas con discapacidad como:

“(...) aquellas que tienen deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, en interacción con diversas barreras, pueden obstaculizar su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás.” [17]

Por otro lado, la Normativa legal Uruguaya, considera discapacidad como:

“ Toda persona que padezca o presente una alteración funcional permanente o prolongada, física (motriz, sensorial, orgánica, visceral) o mental (intelectual y/o psíquica) que en relación a su edad y medio social implique desventajas considerables para su integración familiar, social, educacional o laboral.” [20]

Como se puede visualizar, ambas definiciones presentan similitudes, ya que al referir a personas con discapacidad, se centran en especificar distintas alteraciones que podrían presentar. A su vez, se identifica que sus diferencias y la estructura social provocan una participación restringida dentro de la sociedad, tanto a nivel familiar y educativo, como en el ámbito laboral y social. Una diferencia clara que se observa en estas definiciones, es que en la primera, se hacen explícitas las barreras presentes en la sociedad que generan una desigualdad en la interacción con la sociedad y una limitante para poder realizar actividades cotidianas. Se reconoce la importancia de realizar esfuerzos para eliminar o mitigar estas barreras de forma de poder garantizar la inclusión y la igualdad de oportunidades.

Para poder cuantificar esta problemática, nos parece interesante hacer referencia a los indicadores que tenemos al día de hoy. Según el Informe Mundial sobre la Discapacidad [17], alrededor del 15 % de la población vive con algún tipo de discapacidad. Las mujeres tienen más probabilidades de sufrir discapacidad que los hombres y las personas mayores más que los jóvenes. Dentro de América Latina y el Caribe este porcentaje desciende a 12 %, lo que igualmente significa 66 millones de personas.

Por otro lado, cabe destacar que el concepto de Discapacidad es un concepto dinámico, en constante evolución y que ha tomado mayor relevancia en los últimos 60 años. En el artículo *Modelos teóricos de discapacidad: un seguimiento del desarrollo histórico del concepto de discapacidad en las últimas cinco décadas* [21] se presentan los distintos modelos teóricos mediante los cuáles se ha trabajado la discapacidad. En el mismo explican como el concepto inicialmente, y por mucho tiempo, fue abordado como una deficiencia o un problema individual y cómo a partir de la década de los 70, acompañado de muchos otros movimientos por los derechos humanos, ha empezado a tomar una relevancia de carácter social y a ser entendido en un contexto político, social y cultural. Se concluye que la Discapacidad es un concepto complejo y multifacético y que por lo tanto debe ser abordado de manera integral.

Dentro del concepto de Discapacidad existen definiciones auxiliares que contribuyen a generar un mejor marco en casos particulares. Es por esto que surgen las definiciones de *Incapacidad* y de *Limitaciones en la Actividad*. En primer lugar, la Incapacidad se entiende como la dificultad para hacer las actividades en cualquier ámbito de la vida [24]. Dentro de esta definición se pueden distinguir incapacidad intrínseca, que no implica apoyo de otra persona o aparato y la incapacidad actual, que sí involucra asistencia externa. Por otro lado, las Limitaciones en la Actividad se definen como las dificultades que un individuo

puede tener para realizar ciertas actividades. Pueden implicar desde una limitación leve hasta una más grave, abarcando la posibilidad de que se pueda realizar la tarea pero no con la calidad habitual[24].

### 2.1.2. Concepto de discriminación

La discriminación es un fenómeno que se presenta habitualmente en personas con discapacidad, haciéndose presente tanto de manera explícita como sutil. Esto puede terminar afectando no solo la calidad de vida y el desarrollo pleno de dicha persona, sino que impactando también en la familia y en la sociedad en su conjunto.

Para poder analizar estos fenómenos en profundidad, es importante comprender el contexto teórico al que se hace referencia cuando se menciona la discriminación como un hecho en la sociedad.

La Oficina del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos (OACNUDH) define la discriminación como:

“(...) cualquier distinción, exclusión, restricción o preferencia u otro trato diferencial que se base directa o indirectamente por motivos prohibidos de discriminación y que tenga la intención o el efecto de anular o perjudicar el reconocimiento, el disfrute o el ejercicio, en igualdad de condiciones, de derechos humanos y libertades fundamentales en el ámbito político, económico, social, cultural o de cualquier otro campo de la vida pública”. [15]

Algunas de las acciones habituales que se visualizan como discriminación son molestar, alarmar, abusar, degradar, intimidar, menospreciar, humillar o avergonzar a otros, o generar una intimidación, ambiente hostil u ofensivo, entre otros.

Dentro del derecho internacional de los derechos humanos, existen determinadas listas donde se especifican los motivos prohibidos de discriminación. Dentro de esta lista se incluyen: raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política u otra opinión, origen nacional, origen social, propiedad, condiciones legales al nacer, discapacidad, edad, nacionalidad, estado civil y situación familiar, orientación sexual, identidad de género, estado de salud, lugar de residencia, situación económica y social, embarazo, pertenencia un pueblo indígena, afrodescendiente u otra condición.

Por otro lado, para contextualizar la situación de Uruguay, la Ley 17817, define la discriminación como:

“(...) distinción, exclusión, restricción, preferencia o ejercicio de violencia física y moral, basada en motivos de raza, color de piel, religión, origen nacional o étnico, discapacidad, aspecto estético, género, orientación e identidad sexual, que tenga por objeto o por resultado anular o menoscabar el reconocimiento, goce o ejercicio, en condiciones de igualdad, de los derechos humanos y libertades fundamentales en las esferas política, económica, social, cultural o en cualquier otra esfera de la vida pública.” [18]

Como se puede observar, ambas definiciones de discriminación comparten el enfoque en la desigualdad de trato hacia ciertos grupos o individuos en función de características o condiciones específicas (donde se incluye la discapacidad), resaltando la importancia de proteger los derechos humanos y promover la igualdad en todas las esferas de la vida.

### 2.1.3. Accesibilidad

En el 2006, en el marco de la Asamblea General de Naciones Unidas, se aprueba la *Convención internacional sobre los derechos de las personas con discapacidad* [16]. Unos años más tarde, en diciembre de 2008, Uruguay ratificó el Tratado mediante la Ley N° 18.418 [19], convirtiéndose así en una herramienta de suma importancia para la sociedad a la hora de hacer cumplir los derechos que allí se protegen.

Tanto la Convención como la Ley implican la protección de los derechos humanos de las personas con discapacidad, contribuyendo a la eliminación de todo tipo de barreras que se presentan por el simple hecho de tener una discapacidad, impidiendo ejercer y disfrutar de todos los derechos. Es importante destacar que fue parte de un importante proceso el cual incluye el cambio de percepción de la discapacidad, permitiendo asegurar que las sociedades reconozcan que es necesario proporcionar a todas las personas la oportunidad de vivir de la forma más plena posible.

La accesibilidad de las personas con discapacidad se puede encontrar en el artículo 9 de la Convención y de la Ley. En el mismo se establece la obligación que tienen los Estados parte de adoptar medidas apropiadas para que las personas con discapacidad puedan vivir en forma independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida. Es indispensable que los países identifiquen y eliminen los obstáculos y las barreras, y aseguren que las personas con discapacidad puedan tener acceso a su entorno, al transporte, a las instalaciones y a los servicios públicos, así como también a tecnologías de la información y comunicaciones.

En Uruguay la Norma UNIT 200:2022 define la accesibilidad como:

“(...) la condición que cumple un espacio, objeto, instrumento, sistema o medio, para que sea utilizable por todas las personas, en forma segura, equitativa y de la manera más autónoma y confortable posible” [23]

## 2.2. Discapacidad en el entorno laboral

El concepto de diversidad ha evolucionado dentro del marco laboral como consecuencia de las sociedades inclusivas y progresistas. Uno de los aspectos más trascendentes de este concepto es la inclusión de personas con discapacidad en el entorno laboral. La discapacidad deja de ser vista como una limitación, y pasa a considerarse como una característica que enriquece a las organizaciones con perspectivas únicas y talentos diversos. En esta era de conciencia y responsabilidad social, es interesante explorar y comprender cómo las empresas pueden crear entornos laborales que fomenten la igualdad de oportunidades y promuevan la participación activa de todas las personas, independientemente de sus habilidades. Grandes desafíos y oportunidades rodean la integración de personas con

discapacidad en el mundo laboral; esta inclusión no solo beneficia a los individuos, sino también a las empresas y a la sociedad en su conjunto.

### 2.2.1. Contexto internacional

Para enmarcar la situación mundial se toma como referencia a la Organización Internacional de Trabajo (OIT). En la Figura 2.1 se pueden observar tres gráficos que permiten comparar la condición en el mercado laboral entre personas con discapacidad y sin discapacidad en los últimos diez años. El primer gráfico corresponde al porcentaje asociado al empleo, el siguiente al desempleo y por último a la fuerza laboral. Los datos fueron obtenidos de una base de datos de ILOSTAT, página oficial de la OIT para la estadística [9]. El conjunto de 5949 registros refiere a población en edad laboral en 103 países, obtenidos de la base de datos Disability Labour Market Indicators (DLMI).

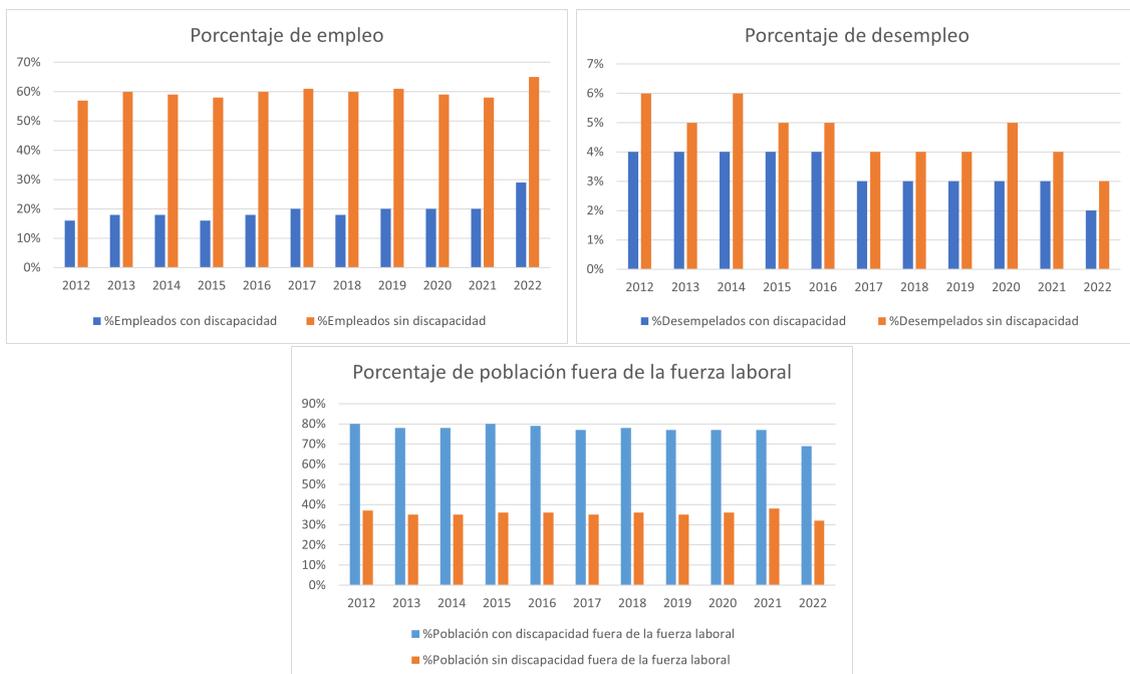


Figura 2.1: Comparación del estado laboral para personas con y sin discapacidad a partir de datos obtenidos de ILOSTAT (elaboración propia).

Las estadísticas de ILOSTAT se basan en definiciones estándar internacionales. Edad laboral es considerada a partir de 15 años de edad, y el término discapacidad es utilizado de forma amplia, considerando impedimentos, limitantes físicos y restricciones de participación. A los efectos de estos datos, una persona con discapacidad es una persona que está limitada en la cantidad de actividades que puede hacer debido a dificultades causadas por condiciones físicas, mentales o problemas de salud a largo plazo [9].

Los porcentajes mostrados en las gráficas corresponden al total de personas con discapacidad y al total de personas sin discapacidad. Del análisis de las mismas se concluye que

a nivel internacional aún queda mucho trabajo para realizar en pos de brindar las mismas oportunidades laborales. Es notorio el porcentaje de personas con discapacidad en edad laboral fuera de la considerada fuerza laboral, cercano al 70 % contra un 30 % para personas sin discapacidad, lo cual indica altos niveles de limitaciones y barreras para la entrada al mercado. Sin embargo, destacamos que hay una tendencia al aumento del porcentaje de empleo y a la disminución del desempleo mientras la fuerza laboral aumenta.

Dentro de la búsqueda de documentación realizada, se menciona el artículo [13], el cual describe una situación en Australia, que se puede extrapolar tanto a Uruguay como a distintos países donde las organizaciones pequeñas y medianas no cuentan con políticas que apunten a mejorar el empleo de personas con discapacidad.

El artículo mencionado hace énfasis en la importancia de crear una cultura positiva que fomente y abrace la diversidad en el lugar de trabajo. Con el fin de aumentar el empleo de personas con discapacidad se incluyen estrategias e iniciativas tales como: cuantificar el caso de las grandes empresas y adaptarlo a organizaciones o industrias específicas, ofrecer incentivos específicos y flexibles (incentivos fiscales y subsidios salariales) para involucrar a los empleadores, y ampliar el alcance de los fondos de asistencia para cubrir costos adicionales.

Sumado a esto, es necesario establecer redes de empleadores para brindar apoyo y compartir información, desarrollar objetivos de contratación de personas con discapacidad y realizar informes periódicos sobre el progreso, crear grupos de referencia de empleados con discapacidad para brindar apoyo y asesoramiento a la dirección, y desarrollar un *kit de herramientas* para organizaciones pequeñas y medianas, entre otros.

Estas soluciones buscan abordar las barreras y desafíos específicos que enfrentan las organizaciones pequeñas y medianas en la contratación y retención de personas con discapacidad.

### 2.2.2. Contexto uruguayo

En Uruguay, la discapacidad y su inclusión en el ámbito laboral han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor en la agenda social y empresarial. A lo largo de los años, se han logrado avances significativos en términos de legislación, sensibilización y programas de inclusión que buscan no solo empoderar a las personas con discapacidad, sino también enriquecer a las empresas y a la sociedad en su conjunto.

La temática de la discapacidad en el entorno laboral ha experimentado un cambio trascendental gracias a la Ley 18651 [20], promulgada en febrero de 2010, que establece entre otras cosas, medidas de promoción del trabajo para personas con discapacidad.

Esta ley marca un hito en la búsqueda de una sociedad más inclusiva y equitativa al reconocer la importancia de generar oportunidades laborales accesibles para todas las personas, independientemente de sus capacidades. A través de la promoción de la igualdad de oportunidades y la eliminación de barreras que han limitado la participación plena en el ámbito laboral, Uruguay avanza hacia una dirección en la que las empresas y la sociedad en su conjunto se benefician de la diversidad de talentos y perspectivas.

La Ley antes mencionada reúne reglas sobre el trabajo en su Capítulo VIII. De esas

normas se destaca el artículo 48 que establece como política de Estado que “la orientación y la rehabilitación laboral y profesional deberán dispensarse en todas las personas con discapacidad según su vocación, posibilidades y necesidades y se procurará facilitarles el ejercicio de una actividad remunerada” [20]. A su vez el artículo 49 obliga al Estado, Gobiernos Departamentales, Entes Autónomos, Servicios Descentralizados y Personas de Derecho Público no Estatales, a ocupar personas con discapacidad que reúnan condiciones de idoneidad para el cargo en una proporción mínima no inferior al 4% de sus vacantes. En relación a esto, la Oficina Nacional del Servicio Civil tiene el derecho de solicitar anualmente informes a los organismos públicos para que reporten las vacantes generadas en el año a los efectos de controlar el cumplimiento de la ley.

Por su parte, en el artículo 64 de esa misma ley, se menciona la potestad del Poder Ejecutivo a exonerar del pago de los aportes patronales de carácter jubilatorio correspondientes a las personas con discapacidad que sean contratadas por empresas industriales, agropecuarias, comerciales o de servicios.

### 2.3. Conceptos técnicos

Una vez planteados los conceptos básicos que enmarcan la problemática social, se mencionan los aspectos técnicos para abordar su resolución en este proyecto. Se definen los conceptos de modelado y problema de optimización lineal con enfoque en los problemas de asignación y se realiza una breve introducción a los problemas de optimización multi-objetivo.

#### 2.3.1. Modelado matemático

Un modelo es una herramienta que se construye para mostrar características de algún objeto o realidad, estudiarlas y analizarlas en un ambiente más simplificado y controlado. Los modelos pueden ser concretos o abstractos y tener mayor o menor grado de similitud con la realidad. En el área de Investigación de Operaciones, que compete a este trabajo, suelen ser más bien abstractos y más específicamente modelos matemáticos, ya que se utilizan ecuaciones, dependencias lógicas e inecuaciones para representar las relaciones que se desean modelar.

El uso de modelos matemáticos para la resolución de problemas es ampliamente discutido por diversos motivos. Por un lado, la necesidad de traducir necesidades o costos sociales a valores numéricos y por otro la incertidumbre de los datos ingresados. De todas formas, el valor del modelado radica en el apoyo para la toma de las decisiones y no en la obtención de soluciones numéricas para aplicar sin intervención humana[25].

Dentro de los problemas que utilizan modelos matemáticos se pueden encontrar problemas de programación lineal. Estos se caracterizan por tener todas sus funciones matemáticas lineales. Básicamente, los problemas de programación lineal son planificaciones o programaciones de actividades o asignación de recursos de forma tal de cumplir las metas propuestas de la manera más óptima. Existen diversos estudios, proyectos y análisis de problemas recurrentes y las diversas formas de resolverlos. Por lo general, los problemas

de programación lineal pueden resolverse de forma eficiente mediante un método de resolución llamado *símplex*; este puede ser útil en algunos casos aunque no necesariamente para grandes tamaños de problemas.

Dentro de los problemas frecuentes de la programación lineal encontramos el del transporte (llamado así por su gran aplicabilidad, aunque no excluyente, al transporte efectivo de bienes). Un caso particular de problema de transporte, que no necesariamente tiene que ver con vehículos, es el de la asignación, que incluye la asignación de personas a tareas. Por lo general estos problemas tienen una gran cantidad de restricciones y variables pero suele suceder que la mayor parte de sus coeficientes terminan siendo cero y por lo tanto, existe un amplio campo de conocimiento en algoritmos de resolución para éstos que simplifican la obtención del resultado[5].

El problema de distribución de tareas en procesos productivos para la inclusión de personas con discapacidad entra dentro de los problemas de asignación, por lo tanto, se detallan brevemente sus características.

### 2.3.2. Problemas de asignación

Se le llama problema de asignación a la situación de asignar  $n$  personas a  $n$  tareas para maximizar algún nivel de productividad, beneficio o costo asociado a tiempo de ejecución de las tareas.

Una forma sencilla de plantear este problema es la siguiente [25]:

$$\min \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} x_{ij} \times t_{ij}$$

s.a :

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1; \quad \forall j \in J \quad (2.1)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1; \quad \forall i \in I \quad (2.2)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}; \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.3)$$

donde  $x_{ij}$  toma el valor de 1 si la persona  $i$  es asignada a la tarea  $j$  y 0 sino; y  $t_{ij}$  hace referencia al costo, tiempo o valoración determinada de que la persona  $i$  realice la tarea  $j$ .

Dentro de la definición del problema de asignación se deben cumplir los siguientes supuestos [5]:

1. La cantidad de tareas y de asignaciones a realizar es la misma.
2. A cada persona se le asigna una única tarea.
3. Cada tarea es realizada por una única persona.
4. Se puede asignar un costo o valor a la asignación  $ij$ , es decir a la asignación persona-tarea.

5. El objetivo es determinar como se deben hacer las asignaciones para minimizar los costos totales.

Algunas variantes del problema pueden relajar estas hipótesis, en particular se pueden considerar casos con más personas que tareas, o más tareas que personas, dejando personas sin tarea asignada o tareas sin personal asignado respectivamente.

### 2.3.3. Problema de optimización multiobjetivo

Un modelo de programación lineal involucra un único objetivo a cumplir, ya sea de maximización o minimización. Como se mencionó en la sección anterior, para el problema de asignación, este objetivo sería el de minimizar los costos de asignación. Sin embargo, en la toma de decisiones práctica, es muy difícil encontrar problemas donde solo se considere un criterio, y por lo general se deben considerar distintos escenarios y buscar un equilibrio entre los distintos objetivos.

Para solucionar dichos problemas existen diversas técnicas de modelado y resolución. Quizás la más intuitiva sea resolver un mismo modelo varias veces modificando los objetivos y a través del análisis de los distintos resultados encontrar una solución satisfactoria o encaminar mejor la búsqueda de la misma.

Otra metodología aplicada es combinar linealmente las funciones objetivo para obtener una nueva función objetivo conjunta que optimizar. Cabe destacar que la gran dificultad de esta metodología es asignar los pesos y utilidades correctas a los distintos objetivos. Es por esto, y por lo subjetivo de las asignaciones de los pesos, que también es recomendable variar estos coeficientes y experimentar con las soluciones obtenidas.

También se puede optar por convertir los objetivos en restricciones y aplicar la misma técnica de resolución consecutiva y análisis de resultados, intercambiando los objetivos y restricciones y analizando su efecto. Para esta técnica es necesario tener en cuenta no superponer restricciones contrapuestas que generen que no existan soluciones factibles al problema. Esto se puede solventar aplicando programación por metas. Esta técnica refiere a modificar el objetivo para que busque satisfacer todas las restricciones lo más cercanas a la meta posible, manteniendo un problema de programación lineal que implica una solución factible. Para ello se definen las variables de holgura (o slack) y de exceso (o surplus) para describir la variación con la solución óptima por de menos o por de más respectivamente. Luego, se busca minimizar la suma de las desviaciones sobre la meta [25].

En 1896, Vilfredo Pareto, un economista italiano, introduce el criterio de Pareto formulando que, una sociedad está en estado óptimo si ninguna persona de esa colectividad puede mejorar su situación sin que empeore la situación de otra persona. Este concepto fundamental para la teoría económica es totalmente aplicable a la optimización multiobjetivo, la teoría de juegos y la toma de decisiones en general. En este sentido, una solución del problema de programación lineal multiobjetivo, es un óptimo de Pareto si no existe otra solución factible que aumente el valor de todos los objetivos. Un óptimo de Pareto puede mejorar su valor en un objetivo pero esto conllevará inevitablemente a empeorar en otro. El conjunto de valores de óptimo de Pareto se le llama Frente de Pareto, y no siempre es posible conocerlo analíticamente. En la Figura 2.2 se puede ver el área de so-

luciones factibles para dos funciones objetivo, la representación del frente de Pareto y la comparación entre soluciones óptimas (P2 y P3) y un punto que no cumple este criterio pero es una solución factible (P1). Los enfoques multicriterio buscan en general, obtener soluciones eficientes según el criterio de Pareto [22].

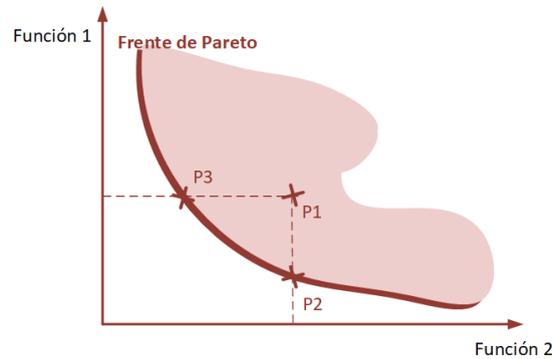


Figura 2.2: Ejemplo de frente de Pareto para un problema con dos objetivos (elaboración propia)

A partir de lo expuesto anteriormente se desprende que, en general, no es posible encontrar para un problema de optimización multiobjetivo, una única solución que optimice todos los criterios simultáneamente. Por lo tanto, es necesario pasar por un proceso de toma de decisiones. Según la etapa en que se interviene para tomar esas decisiones se pueden clasificar los enfoques de resolución multiobjetivo en: a priori, a posteriori e interactivos.

Un enfoque a priori es por ejemplo, el asignar pesos a las distintas funciones objetivo o la programación por metas dónde se mide la desviación de una meta predefinida. En ambos casos, es necesario conocer previamente los valores que pueden llegar a tomar las funciones objetivo.

Un enfoque a posteriori, es trabajar con soluciones obtenidas variando los objetivos y decidir en función de información adicional (por fuera del modelo) o aplicando técnicas o métodos de selección. Algunos ejemplos pueden ser método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) o el método ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) que evalúan y seleccionan opciones a partir de normalizar los datos, construir matrices de decisión, asignación de relevancia y jerarquización de las opciones según los mismos.

Finalmente, un método interactivo, combina ambos enfoques, alternando etapas de análisis y de cálculo para progresivamente acercarse a una solución [14].

## Capítulo 3

# Caso de estudio

Este proyecto surge a partir del convenio Innovación para la inclusión laboral, firmado en marzo de 2022 entre la Facultad de Ingeniería (FIng) y la Intendencia de Montevideo (IdeM) [3]. El objetivo del mismo es que docentes de la FIng integren el proyecto SUMA (detallado a continuación) para trabajar de forma integral mediante estrategias interdisciplinarias e interinstitucionales para generar un equipo de trabajo que apoye la inclusión laboral de personas con discapacidad. Para ello se contemplan posibilidades de entrenamiento laboral, diseño y producción de herramientas de apoyo técnico, así como acompañamiento y asesoramiento a las empresas contratantes. Dentro del trabajo interdisciplinar se destaca la participación del Parque Tecnológico Industrial del Cerro (PTI), de la Secretaría de Discapacidad de la Intendencia de Montevideo y varios servicios de la UdelaR incluyendo al instituto IIMPI de la FIng.

En este marco es que se plantea el apoyo de la Intendencia en el presente proyecto de grado, con el objetivo de generar un caso de estudio de referencia en el desarrollo de un modelo de distribución de tareas en procesos productivos para la inclusión de personas con discapacidad. En ese sentido es que el equipo de este proyecto de grado se integra en la ejecución de la asignación de tareas dentro del Proyecto Pasantías Laborales para incorporación de pasantes con algún tipo de discapacidad dentro de la unidad de Servicio de Atención a la Ciudadanía (a partir de ahora SAC), con apoyo de la Secretaría de Discapacidad de la Intendencia de Montevideo.

A continuación se detalla cómo se realizó este proceso, las reuniones que se mantuvieron con los distintos integrantes de la contraparte y cómo se incorpora esta experiencia como insumo para el modelo de distribución de tareas.

### 3.1. Servicio de Atención a la Ciudadanía (SAC)

El Servicio de Atención a la Ciudadanía es una dependencia de la división Información y Comunicación de la Intendencia de Montevideo, entre cuyos cometidos se encuentra brindar una atención multicanal a los usuarios [2]. Para ello se dispone de distintos servicios: web, presencial, telefónico, en redes sociales; todos ellos con el fin de apoyar en la realización de trámites, consultas o reclamos, apuntando a la satisfacción del usuario en términos de

atención y calidad de servicio.

Existen dentro del SAC cinco oficinas de trabajo, que son:

- Administración
- Unidad Central de Atención Telefónica (UCAT), también nombrado internamente como *Call Center*.
- Atención No Presencial (ANP) o Buzón Ciudadano, donde se encargan de recibir reclamos, comentarios o consultas de la ciudadanía a través de la web, y generar las comunicaciones con las oficinas correspondientes.
- Atención Presencial, donde se asesora a la ciudadanía para iniciar trámites en línea de la Intendencia o del Estado.
- Módulo de Informes, que se conforma de distintos puestos de recepción donde se brinda información, se gestiona el acceso de personas al edificio y se apoya en los eventos de la IdeM.

Durante el proceso de relevamiento y trabajo conjunto se dialogó con los siguientes referentes del SAC:

- Lucía Rodríguez - Jefa administrativa del SAC,
- Fiorella Vitacca - Jefa de UCAT (Call Center),
- Lorena Franquez - Jefa de ANP (Buzón Ciudadano),
- Agustina de León - Jefa Módulos de Informes,
- Sofía Vidart - Subjefa Atención Presencial,
- Martín Rosas - Coordinador SAC.

### 3.2. Secretaría de Discapacidad (SD)

La Secretaría de Discapacidad de la Intendencia de Montevideo depende de la División de Políticas Sociales y tiene sus oficinas en el edificio anexo de la Intendencia, situado en la calle Soriano 1426.

Las tareas de la Secretaría se centran en la implementación de políticas de inclusión de la discapacidad dentro de Montevideo, realizando un trabajo integral que contempla todas las áreas para el bienestar de las personas con discapacidad y sus familias. Se basan fuertemente en el concepto de que la discapacidad es una construcción social y buscan favorecer en todos los sentidos la inclusión de personas con discapacidad con un enfoque de derechos[1].

Parte de las políticas de inclusión se manejan de forma interna dentro de la Intendencia. Según lo comentado en las reuniones sostenidas, de los aproximadamente 8000 empleados

que trabajan en la institución alrededor de 120 personas presentan alguna discapacidad, lo que implica un 1,5% de la fuerza laboral. La Secretaría busca trabajar de cerca con estas personas para asegurar su buena inserción laboral y su calidad de vida en todos los ámbitos.

El responsable de la Secretaría, Lic. Martín Nieves, fue uno de los participantes activos de la intervención dentro del marco de este proyecto. Además, intervinieron la Lic. Victoria González y el Lic. Álvaro González, miembros de la oficina.

### 3.2.1. Proyecto SUMA

Dentro de las iniciativas de la Secretaría de Discapacidad se destaca el Proyecto SUMA[7], a cargo del Centro de Referencia e Innovación para la Inclusión Laboral (dependencia de la SD), y el Parque Tecnológico Industrial del Cerro, que busca apoyar el retorno a la actividad laboral luego de adquirir una discapacidad.

El mismo fue lanzado en setiembre de 2023 y participan mediante convenios con Udelar varios profesionales de distintas áreas, incluida Ingeniería. El equipo interdisciplinario formado busca diseñar, producir e implementar soluciones técnicas para facilitar la adaptación en la reinserción laboral [8].

## 3.3. Proyecto Pasantías Laborales

En el marco de generar oportunidades para personas con discapacidad y como proyecto integral entre la Secretaría de Discapacidad y el Servicio de Atención Ciudadana, es que nace el Proyecto Pasantías Laborales específicamente para este público objetivo. Es la primera vez que se realiza en la Intendencia y específicamente en el SAC, aunque este último ya cuenta con personas con discapacidad desarrollando tareas en puestos laborales hace varios años, lo que facilita la integración.

Para este proyecto se trabaja con cinco instituciones uruguayas que acompañan a personas con discapacidad: la Unión Nacional de Ciegos de Uruguay, la Asociación Sur Palermo, la Federación Caminantes - Federación de Organizaciones de Familiares por la Salud Mental, la Asociación Down del Uruguay y la Asociación de Sordos del Uruguay. La Intendencia convino con estas organizaciones un plan para que ingresen, durante nueve meses, pasantes de las instituciones que tengan hasta ciclo básico completo, a trabajar en las oficinas del SAC en formato pasantía.

Dentro de lo pautado, se acordaron ofrecer talleres sensibilizadores a los distintos trabajadores de las áreas del SAC previo al ingreso de los pasantes para asegurar una correcta inclusión y trato hacia todos y todas. De este modo, los trabajadores podrán tener herramientas para mejorar la inclusión y el acompañamiento de todos los pasantes. Además, las distintas organizaciones acordaron brindar personal de acompañamiento durante el comienzo de la actividad laboral, etapa de capacitaciones y adaptación.

Para comenzar con el proceso de selección, la Intendencia de Montevideo brindó una descripción detallada de los puestos de trabajo, con sus requerimientos y un desglose de las distintas actividades que se esperaba que la persona realice. En función de esto, las

organizaciones entregaron perfiles de trabajadores que consideraron aptos para las tareas descriptas. En los perfiles se detalló experiencia previa, estudios y comentarios pertinentes. Además, cada uno de los postulantes debió indicar su preferencia para las tareas, con un rango del 1 al 5, siendo 1 la más preferida.

Por otro lado, fue necesario relevar aspectos de accesibilidad física a los puestos de trabajo: herramientas disponibles para realizar las tareas, posibles barreras que podrían enfrentar los pasantes al ingresar y el ambiente laboral en general. De modo de poder llevarlo a cabo, se decidió realizar una evaluación presencial de los posibles puestos de trabajo y se redactó un informe detallando los distintos puntos de accesibilidad así como las barreras que se podrían generar para el ingreso del personal con discapacidad. Esta tarea fue llevada a cabo por las integrantes de este proyecto de grado, y se reporta en la próxima subsección.

### 3.3.1. Relevamiento de accesibilidad

Para realizar el relevamiento descrito anteriormente se realizaron visitas a las cinco oficinas del SAC y se efectuaron entrevistas con los referentes de cada una.

Se relevaron tres aspectos clave de cada oficina: espacio físico tanto del lugar de trabajo como de los espacios adjuntos; estado de la mueblería; y necesidad por parte de los referentes del área en cuestión de recursos humanos.

A modo de relevar el espacio físico, se utilizaron algunas herramientas, basadas en distintas metodologías, las cuales se mencionan más adelante. Se midieron aspectos como ancho de los pasillos, altura y cantidad de puertas, capacidad de giro, espacio entre escritorios, espacio para transitar por las oficinas, entre otros. A su vez, se relevaron los espacios adjuntos como comedores y baños, para contemplar que todos los espacios básicos que una persona necesite acceder sean adecuados. Paralelamente, se evaluó el acceso hasta la oficina, lo que implicó considerar si existían ascensores que llegaran a cada piso y su frecuencia de uso, de forma que esto no generara un atraso en la llegada a la oficina. Se relevó también la existencia de rampas para el ingreso del edificio.

Las tareas que requieren uso de herramientas o dispositivos tecnológicos necesitan consideraciones especiales, sobretodo para las personas de baja visión o escucha. En este caso puntual se consultó sobre el posible uso de lectores de pantalla en las computadoras y aplicaciones de uso asistivo para personas ciegas y sobre la adaptabilidad de las actividades telefónicas por uso de chats.

Como parte del relevamiento también se consultó si en las oficinas habían tenido experiencia en trabajar con personas con discapacidad, qué adaptaciones se tuvieron que aplicar, y cómo fue la integración con el equipo de trabajo y el entorno.

Sobre las tareas en sí, se enfocaron las preguntas al tipo de atención al público que requerían, si era trato directo o indirecto, si podían llevar a situaciones de estrés, y cómo se trataban estos casos. También se consultó sobre el tipo de relacionamiento interno para la realización de las tareas, el tamaño del equipo de trabajo, la variabilidad de las tareas y la capacitación requerida.

Se contaba con la ventaja de que ya se sabía con qué organizaciones se iba a trabajar

por lo que, se tenía una cierta perspectiva de los tipos de discapacidad que podían llegar a tener los pasantes y por lo tanto, se pudieron realizar consultas específicas que luego ayudaron en la posterior asignación de tareas.

En el Anexo B se podrá encontrar el informe entregado a la Intendencia de evaluación de la accesibilidad. Además de eso, se entregaron formularios de demandas del puesto de trabajo, uno para cada oficina, basados en planillas enviadas por la Secretaría de Discapacidad, también disponibles en el Anexo C.

### 3.3.2. Asignación de tareas

Luego de realizado el relevamiento y rellenos los formularios de puestos de trabajo se realizó una pre-asignación manual de los postulantes a los puestos de trabajo considerando toda la información enviada por las instituciones, las preferencias de los pasantes y las condiciones del puesto de trabajo.

Finalmente, se realizó una reunión con todos los referentes de área del SAC y personal de la Secretaría de Discapacidad para, en base a la pre-asignación, realizar la asignación de tareas. Se imprimieron para ese propósito los perfiles de los pasantes y se le entregó una copia a cada coordinador. Mediante la lectura de los perfiles surgieron algunas dudas sobre la integración de los pasantes, las condiciones del puesto de trabajo y la modalidad de la pasantía, que se fueron cubriendo y resolviendo durante el transcurso de la reunión.

En un principio, la cantidad de puestos disponibles era menor a la cantidad de pasantes a ingresar y ordenando en base a las prioridades ingresadas por los pasantes había algunas tareas con muchos candidatos y otras con muy pocos. Se intentó, mediante una charla ordenada e intercambio de papeles impresos, cubrir todos los puestos de forma tal que se cumpliera la mejor prioridad posible, y se decidió disponer de más puestos que los iniciales. Esto último basado en tareas que en un futuro cercano se iban a necesitar, considerando los distintos turnos, y dividiendo algunas tareas en varios puestos. Al finalizar la reunión, cada coordinador de área del SAC supo cuántos pasantes entrarían en su área y quiénes serían.

## 3.4. Reuniones realizadas

A modo de resumen del intercambio con la Intendencia se detallan las reuniones realizadas:

- Primera reunión con el SAC - IdeM

Fecha: 18/05/2023

Minuta: Se realizó una reunión con los coordinadores del SAC y el director del departamento de la que participaron todos los integrantes del grupo y los tutores. La reunión fue de presentación y se enfocó mucho en procesos particulares del SAC sobre todo de la oficina Unidad Central de Atención Telefónica, donde trabaja mucho personal con distintos contratos laborales (pasantías UdelarR, funcionarios, pasantías yo estudio y trabajo, pasantías ABC y contratados), lo cual lleva a que exista una

gran rotación de personal. Se habló de forma secundaria de la presencia de cuatro funcionarios ciegos o de baja visión que trabajan hace tiempo en el área.

- Charla sobre inclusión de discapacidad (Humberto Demarco) -IdeM

Fecha: 24/05/2023

Minuta: Taller interno de la Intendencia brindado por Humberto Demarco, funcionario ciego del SAC en conjunto con Martín Nieves (director de la Secretaría de Discapacidad), y con apoyo de personal del departamento de comunicación y el intérprete de Lengua de Señas de la IdeM. El público objetivo eran trabajadores de diversas edades y diversas experiencias del Servicio de Atención a la Ciudadanía, y el equipo de Facultad de Ingeniería como invitados de oyentes. Los principales temas tratados fueron el Protocolo vigente desde 2019 para el SAC, donde se establecen las pautas de trato y buenas prácticas hacia personas con discapacidad. También se habló de que la inserción o reinserción de las personas con discapacidad en la sociedad y de las limitantes que la pobreza puede generar en este aspecto. En este sentido se resalta una frase volcada durante la charla para la reflexión: “La pobreza genera discapacidad y la discapacidad genera pobreza”. Finalmente, el taller se nutrió con anécdotas, cuentos e interrogantes de los propios funcionarios a partir de varias situaciones en la atención al público diaria en las que se enfrentan con la atención a personas con discapacidad, entre ellas se comentaba el cómo saludar a una parsona sorda, cómo caminar acompañando a un ciego (cómo y dónde apoyar el brazo para guiar correctamente) o cómo identificar elementos que son de apoyo para personas con discapacidad y por lo tanto no deberían obstaculizarse.

- Reunión con Martín Nieves (Director de la Secretaría de Discapacidad-IdeM)

Fecha: 12/06/2023

Minuta: Reunión entre el equipo del proyecto final de grado y el director de la Secretaría de Discapacidad, donde se hizo un breve repaso de las tareas y funciones de la Secretaría y se enmarcaron los objetivos del trabajo conjunto de la IdeM y el proyecto. Aquí se presenta el Proyecto Pasantías Laborales en convenio con distintas instituciones que abordan diferentes tipos de discapacidad, para que ingresen hasta 40 pasantes por 9 meses que tengan hasta ciclo básico completo.

- Charla con Victoria González (Trabajadora social de la SD-IdeM)

Fecha: 26/06/2023

Minuta: Breve reunión con Victoria González, trabajadora social de la Secretaría de Discapacidad, donde se trataron los puntos sobre la entrada de pasantes a la Intendencia y se propone realizar un relevamiento de los puestos.

- Reunión con Álvaro González (coordinador de proyecto SUMA por la IdeM) y equipo del SAC

Fecha: 21/08/2023

Minuta: En primera instancia se realizó una reunión con Álvaro González y todos los responsables de las distintas oficinas del SAC. En la misma se presentó el Proyecto Pasantías Laborales a los miembros de las oficinas y la introducción del trabajo conjunto con la FIng. Se explicó la importancia del proyecto, las características de las pasantías y lo que se esperaba de involucramiento de las distintas oficinas. Por último, se coordinaron los relevamientos presenciales. En segunda instancia, se realizó una reunión solamente con Álvaro, de planificación de relevamiento y asignación de tareas. Se compartieron planillas, formularios y distintas herramientas utilizadas en otros proyectos para la distribución de tareas con foco en la discapacidad.

- Relevamiento en el Servicio de Atención a la Ciudadanía (IdeM)

Fecha: 24/08/2023

Minuta: Reuniones presenciales, relevamiento del espacio físico y de las tareas que se realizan en las cinco oficinas del SAC.

- Reunión de planificación de asignación de tareas con Álvaro González (coordinador de proyecto SUMA por la IdeM)

Fecha: 30/08/2023

Minuta: Reunión por Zoom donde se pusieron en común los resultados del relevamiento de los puestos de trabajo y de los perfiles de los pasantes enviados por las instituciones. Se cruzó la información de ambos insumos y se realizó una asignación preliminar de los pasantes a los puestos, identificando sobretodo incompatibilidades.

- Reunión de asignación de tareas (SAC y SD - IdeM)

Fecha: 31/08/2023

Minuta: Reunión del equipo de trabajo, de los responsables del SAC y Álvaro en representación de la Secretaría de Discapacidad donde se realizó la asignación de puestos para todos los pasantes. La modalidad fue, en base a lo pre-asignado y con los perfiles de los pasantes impresos, colocar según preferencia de los pasantes, posibilidades de acceso y restricciones, y por último vacantes en los puestos, los distintos perfiles agrupados por área de ingreso. Además, se evacuaron dudas de plazos, modalidad del acompañamiento por parte de las organizaciones, y se coordinaron los talleres previos.

### 3.5. Metodologías de inserción laboral para personas con discapacidad

Existen diversas herramientas prácticas, metodologías y lineamientos para apoyar la inserción laboral de personas con discapacidad. En esta sección se busca describir algunas de las que fueron mencionadas durante el intercambio con la Intendencia y en algunos casos, utilizadas como referencia. Una metodología puede considerarse como un conjunto

de pasos sistemáticos y ordenados que permiten recoger y analizar información sobre un tema determinado.

Según el Portal Adaptyar [6], se pueden clasificar los métodos de evaluación de puestos de trabajo, en función de su alcance, en las siguientes categorías:

- Listas de comprobación: cuestionarios sencillos y de rápida aplicación.
- Métodos ergonómicos y psicosociales: evaluación particular de un trabajador y un puesto de trabajo.
- Métodos de valoración funcional: evaluación de una persona para analizar ventajas y barreras para variados puestos de trabajo.
- Métodos de adaptación / inserción: evaluación integrada del trabajador y de las actividades a realizar, que puede derivar en adaptaciones al puesto de trabajo.

### 3.5.1. Metodología Adaptyar

El Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) en colaboración con el Ministerio de Sanidad y Política Social del Gobierno de España desarrollaron una metodología que entra en la categoría de métodos de adaptación / inserción, que busca de forma práctica y aplicable una primera aproximación a la adaptación de puestos de trabajo [6].

Para ello utiliza una serie de cuestionarios a modo de relevamiento sobre la persona con discapacidad, el puesto de trabajo y la interacción que de allí surge. Además de esa valoración, se alienta a analizar las posibilidades existentes de adaptación de las tareas, así como también la formación y capacitación del futuro equipo de trabajo para recibir a una persona con discapacidad.

La metodología consta de los siguientes pasos:

- Recopilación inicial de información

Antes de aplicar el método propuesto, se aconseja recoger información relevante del puesto de trabajo y del trabajador. Esto se logra mediante el cumplimiento de cuestionarios específicos. Además, se deben evaluar recursos para adaptaciones, preparación del entorno laboral y realizar una evaluación con la herramienta para identificar posibles situaciones que no sean fácilmente modificables.

- Evaluación del trabajo y el sujeto

Esta metodología facilita la identificación rápida de dificultades relacionadas con la capacidad para realizar tareas y la tolerancia a las condiciones de trabajo. Problemas potenciales incluyen desajustes entre los requisitos del puesto y las competencias de la persona, discrepancias entre las demandas de la tarea y la capacidad del sujeto, riesgos presentes en el entorno laboral, y desajustes entre las condiciones del entorno y la discapacidad de la persona.

- Interpretación de los resultados

Si no se detectan problemas específicos, se considera que el puesto de trabajo es adecuado. En caso de detectarlos, se pueden aplicar soluciones sencillas con recomendaciones automáticas de la misma herramienta. Es crucial involucrar a las partes interesadas en la validación y evaluar la efectividad de las soluciones aplicadas. Para casos más complejos, se realiza una evaluación detallada del puesto y del individuo, permitiendo propuestas de adaptación específicas según las necesidades.

### 3.5.2. Método de perfiles Lantegi Batuak

El Método de perfiles de adecuación de la tarea a la persona es una herramienta desarrollada por Lantegi Batuak (organización vasca sin fines de lucro) para facilitar la adecuación entre personas con discapacidad y puestos de trabajo, valorando dichos puestos, las capacidades y apoyos que necesitan las personas y las exigencias del puesto [10, 11]. Esto se traduce en la instauración de un lenguaje común, brindando un método de actuación unificado y un elemento de comunicación de fácil utilización. Además, se aspira a potenciar el trabajo en equipo, asegurando que todas las personas interesadas puedan introducir o extraer información de manera efectiva.

La metodología aporta dos tipos de perfiles; por un lado, el perfil de la persona y por otro, el perfil del puesto de trabajo. Estos perfiles evalúan respectivamente las capacidades de la persona y las exigencias de la tarea, puntuando del 1 al 5 siendo 1 muy bajo y 5 muy alto. Se contemplan un total de cuarenta variables en el polo de la persona y veintinueve en el del puesto de trabajo.

Es conveniente realizar las evaluaciones entre varias personas, ya que imprime un carácter más objetivo a la valoración y, además, fomenta el intercambio de ideas acerca de una misma situación. La metodología sigue dos premisas a la hora de evaluar a una persona:

1. Es más conveniente infravalorar para corregir luego, que sobrevalorar.
2. La evaluación debe realizarse en un proceso de aprendizaje.

A la hora de evaluar un puesto de trabajo, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Analizar la tarea más relevante del puesto.
2. Discriminar lo principal de lo secundario.
3. Ante la duda puntuar más desfavorable.

Luego de aplicar la metodología, se podrá emplear dicho análisis para la mejora de los siguientes procesos de gestión:

- Selección: se compara el perfil del puesto con los perfiles de los candidatos para elegir a la persona más acorde. Si existen discrepancias, se consideran acciones correctivas, como capacitación para la persona o ajustes en las demandas del puesto.

- Seguimiento y evaluación continua: se actualizan los distintos perfiles de forma periódica para poder estudiar la evolución, a lo largo del tiempo, señalando cuáles son sus puntos fuertes y débiles, así como su trayectoria.
- Realización de planes de formación individuales: la evaluación continua facilita la identificación de necesidades de formación. Se establecen planes individuales para ampliar habilidades y abordar áreas menos desarrolladas, contribuyendo al desarrollo personal y profesional.
- Establecimiento de niveles de *servicio ocupacional* y de *centro especial de empleo*: la metodología asigna a las personas niveles que proporcionan una estructura clara para la ubicación laboral, siempre a modo de apoyo y orientación.
- Establecimiento de una política de promoción: se implementa una política de promoción coherente, unificando criterios de evaluación. Los perfiles tipo definen variables relevantes para la promoción, asegurando criterios similares en todos los centros.
- Evaluación y mejora de las condiciones de trabajo: se busca cumplir con las obligaciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, considerando tanto características generales como agentes físicos, químicos y biológicos, facilitando condiciones de trabajo óptimas.
- Adecuación al puesto de trabajo: el cruce de información de ambos perfiles proporciona un instrumento de adecuación, garantizando la correcta ubicación de las personas en los puestos de trabajo. Además, el método sirve como herramienta de prevención, considerando la sensibilidad de las personas con discapacidad psíquica a ciertos riesgos laborales.

### 3.5.3. Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME

El *Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME* [4], realizado conjuntamente por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (España) y el Instituto de Biomecánica de Valencia, y subvencionado por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, tiene por objetivo proporcionar a las personas designadas para las actividades preventivas de la empresa, procedimientos sencillos para la identificación y evaluación de los riesgos ergonómicos y psicosociales de los puestos de trabajo [4].

El manual consta de tres partes: la primera la conforma una *Lista de Identificación Inicial de Riesgos* destinada a la identificación de los riesgos ergonómicos o psicosociales; la segunda parte recopila una serie de instrumentos o *Métodos de Evaluación* sencillos para la evaluación de estos riesgos; mientras que la tercera y última parte está formada por una serie de ejemplos que pretenden ilustrar el procedimiento a seguir para la identificación y evaluación de los riesgos, así como las soluciones propuestas para mejorar las deficiencias detectadas.

En el siguiente enlace <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/manual-evaluacion-y-prevencion-riesgos-ergonomicos-y-psicosociales-en-pyme-2003>[4] se podrá acceder al Manual y sus anexos (Lista de Identificación Inicial de Riesgos y los diferentes Métodos de Evaluación).



## Capítulo 4

# Modelo Matemático

En esta sección se desarrolla un modelo matemático para la asignación de tareas para personas con discapacidad, basado en el Proyecto Pasantías Laborales descrito anteriormente. El objetivo del mismo es incorporar todos los insumos contemplados en el proceso de asignación, sistematizarlos y así facilitar la etapa de preasignación y dar fundamentos para una buena toma de decisiones. No se busca reemplazar la instancia presencial de asignación de tareas ya que se considera de suma importancia, sino aportar una herramienta de apoyo y revisión.

Cabe destacar que aunque motivado en la inclusión laboral de personas con discapacidad, este es un modelo flexible que en definitiva contempla las capacidades variadas en la fuerza de trabajo, las inteligencias múltiples, y la integración en su contexto más amplio.

### 4.1. Trabajos Previos

Previo a la realización del modelo se realizó la lectura de material relacionado y trabajos previos, descrito en el Estado del Arte (Anexo A). La metodología utilizada consistió de la lectura inicial del artículo *Advantages of assembly lines in Sheltered Work Centres for Disabled. A case study* [12], que aborda aspectos relevantes como oportunidades laborales para personas con discapacidad, centros especiales de trabajo, diseño universal y distribución de tareas en entornos inclusivos. Luego, a través de la plataforma Timbó, se llevó a cabo una búsqueda de artículos relacionados, lo que resultó en la identificación de 51 artículos relevantes, agrupados en tres categorías principales (Desarrollo laboral para personas con discapacidad, Diseño Universal y Distribución de tareas).

El informe estructurado incluye un marco teórico para comprender la discapacidad y la discriminación en el ámbito laboral, un análisis del desarrollo laboral de las personas con discapacidad, una exploración del Diseño Universal y su aplicación en entornos laborales, así como un enfoque en la optimización de la distribución de tareas en procesos productivos inclusivos. Se abordan problemas comunes en líneas de ensamblaje y se presentan soluciones que incluyen modelos matemáticos, estrategias alternativas, simulación y aprendizaje automático.

Dentro del ámbito del desarrollo laboral para personas con discapacidad, las temáticas

abordadas incluyeron la integración de personas con discapacidad en el ambiente laboral como un recurso del que las organizaciones, los individuos y la sociedad se pueden ver beneficiadas; las ventajas que pueden derivar del *Job Crafting*; la importancia de la correcta definición de tareas para que se correspondan con las expectativas del trabajador; y la aplicación de programas de capacitación previa al ingreso de personal con discapacidad.

Por otro lado, en la sección de Diseño Universal se ahonda en el diseño de puestos de trabajos flexibles y ajustables a la persona para evitar desmotivación e insatisfacción laboral que puedan derivar en baja productividad. Además, se discute acerca de la dificultad de llevar las ideas del diseño teórico a la práctica y se plantea la meta de minimizar la exclusión sobre la meta de maximizar la inclusión. Se hace hincapié en que, aunque exista un vínculo con la inclusión de personas con discapacidad, el Diseño Universal debería ser un diseño que incluyera a toda la fuerza de trabajo, un paso más allá del diseño accesible que busca solventar situaciones puntuales. Entrando más en profundidad se llega al concepto de Post Diseño Universal que busca eliminar preconcepciones sobre la discapacidad y la necesidad de asistencia, suplantándolos por el trabajo integral y conjunto y la introducción del término de integración social corporativa sobre el término responsabilidad social corporativa. Por último, se profundiza en los aspectos más básicos del diseño de instalaciones mencionando algunas de las normativas vigentes para el diseño accesible, que inevitablemente constituyen la base inicial y lamentablemente, aún no están cubiertas en todos los lugares, dificultando así la posibilidad de un análisis más profundo.

Finalmente, dentro de la categoría de distribución de tareas, se analizan varios artículos haciendo referencia al problema de asignación de tareas en líneas de ensamblaje, denominado ALWABP (Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem), y variadas alternativas del mismo. La mayoría de estos modelos contemplan precedencias en la ejecución de tareas, tiempos de ejecución de las mismas y cantidad de trabajadores, muchos además haciendo alusión a los CEE (Centros Especiales de Empleo: centros especializados para inserción laboral de personas con discapacidad en España). No se encontraron a la fecha referencias al área de servicios o tareas administrativas para la distribución de tareas. Sin embargo, se encuentran puntos comunes con la tarea de asignación de la Intendencia, como pueden ser problemas multiobjetivos al introducir las variables de rotación de tareas, o de contemplar el riesgo ergonómico, o de las capacidades y eficiencias distintas según el trabajador. También se encuentran similitudes en que el objetivo no está en minimizar las estaciones de trabajo (asignaciones para la Intendencia), sino en integrar a un número de personas definido minimizando un costo (tiempo de ciclo para el problema ALWABP o prioridades para el caso de los pasantes).

Lo descrito anteriormente se utiliza como base para generar la construcción de un modelo sencillo, que incorpora los conceptos de inclusión y que aplique a la dinámica actual de asignación en la Intendencia.

## 4.2. Formulación del modelo

En esta sección de formulación del modelo se procederá a definir primero los conjuntos y parámetros a utilizar, luego se definirán las variables, las restricciones y por último las

funciones objetivo. Después, se introducirá el concepto de ponderación y finalmente, se expondrá la formulación completa.

#### 4.2.1. Conjuntos y parámetros

Para la implementación del modelo se definirán los siguientes conjuntos:

- **J:** Conjunto de tareas. Refiere a cada una de las posibles actividades a asignar a los pasantes. Una tarea puede tener uno o más puestos disponibles, refiriendo a que puede entrar más de un pasante a realizar las mismas tareas.
- **I:** Conjunto de pasantes. Refiere a todas las personas que se postulan para los puestos de trabajo.
- **K:** Conjunto de restricciones de las tareas. Las restricciones pueden ser sobre las actividades a realizar o sobre las limitaciones de accesibilidad del lugar de trabajo, por ejemplo, si existen o no baños accesibles cerca, si se cuenta con lector de pantalla para personas ciegas, si se requiere realizar esfuerzos físicos, entre otros.
- **H:** Conjunto de aspectos deseables para la tarea. En este conjunto se busca incluir características que aunque deseables no son limitantes para la asignación del pasante a la tarea. Por ejemplo, se valora la experiencia previa con trato al público, el manejo de determinadas herramientas tecnológicas, o que en la oficina se haya trabajado anteriormente con personas con determinada discapacidad. Incluso se puede agregar en este conjunto aspectos que sean deseables para el pasante, por ejemplo, trabajo en equipo, tareas repetitivas y bien definidas (puede ser conveniente en algunos casos) o condiciones ambientales del puesto, como lugar muy iluminado. El objetivo de este conjunto es que se defina según la necesidad de la evaluación a realizar. Cabe mencionar que puede haber situaciones o aspectos deseables que son necesarios para la salud de cualquier trabajador e incluyéndolos se busca resaltar la importancia de controlarlos en este contexto.

Complementando a los conjuntos se definirán los siguientes parámetros:

- **CPD<sub>j</sub>:** cantidad de puestos deseables a ocupar para cada tarea  $j$ . Refiere a la cantidad de pasantes que idealmente se requiere que ingresen según las actividades disponibles, las posibilidades de capacitación y el espacio físico en la oficina.
- **CPE<sub>j</sub>:** cantidad de puestos extra que se pueden llegar a ocupar para cada tarea  $j$ . Para la mayoría de las oficinas, solo con realizar pequeñas modificaciones (cambios en los turnos de trabajo, en la disposición de los escritorios o en la división de tareas) podrían entrar algunos pasantes más de los que originalmente se dimensionaron en cada oficina, y esos se definen como la cantidad de puestos extra permitidos.
- **P<sub>ij</sub>:** prioridad del pasante  $i$  sobre la tarea  $j$ . A los pasantes a ingresar se les solicita calificar las distintas tareas disponibles según su motivación o preferencia a ocuparlas, siendo 1 la tarea que más interés les genera.

- $R_{jk}$  : restricciones de las tareas. Este parámetro toma el valor 1 cuando la tarea  $j$  está limitada por la restricción  $k$  y 0 cuando no.
- $C_{ik}$  : capacidades de los pasantes basados en las restricciones de las tareas. Análogamente, este parámetro toma el valor 1 cuando el pasante  $i$  puede ocupar un puesto para una tarea que tenga la restricción  $k$  y 0 cuando no.
- $CE_j$  : costo asociado a aumentar los cupos extra dependiendo de la tarea  $j$ . Se penaliza el ocupar más puestos de los deseados, este costo se asocia a los distintos ajustes mencionados para absorber más puestos.
- $CL_j$  : costo asociado a dejar libre un puesto de la tarea  $j$ . Se penaliza el no ocupar los puestos deseados, ya que quedarán necesidades sin cubrir para la tarea.
- $D_{jh}$  : Aspectos deseables para la tarea. Este parámetro toma el valor 1 cuando la tarea  $j$  se ve beneficiada por determinadas características  $h$  del pasante y 0 cuando no.
- $EC_{ih}$  : Experiencia y características de los pasantes según los aspectos deseables de la tarea. Este parámetro toma el valor 1 cuando el pasante  $i$  cumple con el aspecto deseable  $h$ .

#### 4.2.2. Variables

Para lograr obtener una solución es necesario definir a qué tarea se asigna cada pasante y cuántos puestos para cada tarea quedan ocupados. Para ello se definen las siguientes variables de decisión:

- $x_{ij}$  : refiere a una variable binaria que toma el valor 1 cuando el pasante  $i$  es asignado a la tarea  $j$  y cero si no tiene esa asignación.
- $nPL_j$ : refleja la cantidad de puestos libres para una tarea, en otras palabras, los puestos por debajo de la cantidad deseada que son asignados.
- $nPE_j$ : representa la cantidad de puestos extra para una tarea, es decir la cantidad de puestos ocupados por encima de los deseados.

#### 4.2.3. Restricciones

Las restricciones del modelo refieren a aquellas condiciones que se deben cumplir para que la solución provista tenga sentido y sea coherente con lo que se busca alcanzar. Para este modelo se definirán cinco restricciones, las primeras tres refieren a la factibilidad de la solución y las últimas dos a definiciones auxiliares, necesarias para optimizar las funciones objetivo. Se explican a continuación:

##### 1. Cumplimiento de restricciones:

$$x_{ij} \times R_{jk} \leq C_{ik}; \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K$$

Con esta restricción se busca que, si se asigna un pasante a una tarea que está limitada, el pasante pueda ocupar un puesto con esa restricción.

**2. Asignación a una única tarea:**

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1; \quad \forall i \in I$$

A todo pasante se le debe asignar una única tarea.

**3. Asignación a cantidad de cupos correspondiente:**

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq CPD_j + CPE_j; \quad \forall j \in J$$

No se pueden asignar más pasantes que los deseados más los extra. Es decir, se permitirá asignar por debajo de los puestos deseados y también por arriba pero no más del límite de los extra.

**4. Definición de la variable de puestos extra:**

$$\sum_{i \in I} x_{ij} - CPD_j \leq nPE_j; \quad \forall j \in J$$

Se define la cantidad de puestos extra como la cantidad de puestos ocupados menos los deseados. Notar que se define como una desigualdad ya que  $nPE_j$  es un número mayor a cero por definición y por lo tanto no puede tomar valores negativos. Como  $nPE_j$  aparece en una función objetivo minimizándose (ver más adelante), siempre que los puestos ocupados sean menos que los deseados,  $nPE_j$  tomará el valor cero, de lo contrario buscará el menor valor posible, que será justamente el de la igualdad.

**5. Definición de la variable de puestos libres:**

$$CPD_j - \sum_{i \in I} x_{ij} \leq nPL_j; \quad \forall j \in J$$

Se define la cantidad de puestos libres como la cantidad de puestos deseados menos los ocupados. Al igual que para la cantidad de puestos extra, esta definición se realiza como una desigualdad que tomará el valor cero para casos negativos y cumplirá la igualdad para el resto de los casos.

#### 4.2.4. Funciones objetivo

La particularidad de este modelo es que se definen cuatro funciones objetivo. Cada una de ellas busca priorizar distintos aspectos de la distribución de tareas, algunos más enfocados en los pasantes y otros en las oficinas que van a incorporarlos. Como toda relación laboral, se busca que sea un intercambio y que de este proyecto se vean beneficiadas ambas partes. A continuación se explican brevemente cada una de estas funciones objetivo:

##### 1. OptPri: Optimizar prioridades de los pasantes

$$\text{Min} \quad \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} (x_{ij} \times p_{ji})$$

A partir de la definición de prioridades de los pasantes, buscamos minimizar el valor de la suma de las prioridades. Esto corresponde a que de manera global se le asigne a cada pasante la tarea que más le interese sin considerar el problema de manera individual.

##### 2. MinPE: Minimizar puestos extra

$$\text{Min} \quad \sum_{j \in J} (nPE_j \times CE_j)$$

Con esta función se busca que no se cubran más puestos que los deseados, por lo que se penaliza a la función objetivo mediante el parámetro de costo de puesto extra en el caso que esto se efectúe. Es importante un correcto análisis para la definición de este parámetro, ya que puede haber tareas donde ocupar más puestos que los deseados sea más costoso que para otras.

##### 3. MinPL: Minimizar puestos libres

$$\text{Min} \quad \sum_{j \in J} (nPL_j \times CL_j)$$

Esta función busca que se llenen la mayor cantidad de puestos que las oficinas determinaron que deseaban cubrir de modo de que no queden puestos sin ocupar. Aquí cobra importancia el parámetro de costo de puestos libres, nuevamente dependerá de la tarea qué tan costoso es dejar puestos libres.

##### 4. MaxBen: Maximizar beneficios derivados de la asignación

$$\text{Max} \quad \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{h \in H} (x_{ij} \times EC_{ih} \times D_{jh})$$

Con esta función se busca potenciar los beneficios tanto para el pasante como para la oficina, según las capacidades de los pasantes y los aspectos deseables de la tarea.

Esta función sumará uno por cada aspecto deseable que cumpla el pasante y la tarea a la que fue asignado.

#### 4.2.5. Ponderación de funciones objetivo

Con el fin de unificar el modelo, se plantea la alternativa de considerar todas las funciones en simultáneo. Para ello se suman las funciones de minimización y se restan las de maximización a través de un coeficiente de ponderación. Por lo tanto se definen los siguientes cuatro parámetros:

- $\alpha_1$  : valor de ponderación para la función objetivo de optimizar prioridades
- $\alpha_2$  : valor de ponderación para la función objetivo de minimizar puestos libres
- $\alpha_3$  : valor de ponderación para la función objetivo de minimizar puestos extra
- $\alpha_4$  : valor de ponderación para la función objetivo de maximizar beneficios derivados de la asignación

Más adelante, en la Sección 5.3.1 se discutirá sobre el valor de estos parámetros y cómo pueden ir variándose para obtener distintos resultados.

#### 4.2.6. Formulación matemática

Una vez definidos los conjuntos, parámetros, variables, restricciones y funciones objetivo, se presenta la formulación completa del modelo de distribución de tareas.

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \alpha_1 \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} (x_{ij} \times p_{ji}) + \alpha_2 \sum_{j \in J} (nPE_j \times CE_j) \\ & + \alpha_3 \sum_{j \in J} (nPL_j \times CL_j) - \alpha_4 \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{h \in H} (x_{ij} \times EC_{ih} \times D_{jh}) \end{aligned}$$

s.a.

$$x_{ij} \times R_{jk} \leq C_{ik}; \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad (4.1)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 1; \quad \forall i \in I \quad (4.2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq CPD_j + CPE_j; \quad \forall j \in J \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} - CPD_j \leq nPE_j; \quad \forall j \in J \quad (4.4)$$

$$CPD_j - \sum_{i \in I} x_{ij} \leq nPL_j; \quad \forall j \in J \quad (4.5)$$

$$nPE_j, nPL_j \geq 0 \quad \forall j \in J \quad (4.6)$$

$$x_{ij} \in [0, 1] \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4.7)$$

Donde se utiliza la siguiente notación, mostrada en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1: Notación utilizada

Notación	Descripción
$i$	Pasantes
$j$	Tareas
$k$	Restricciones
$h$	Aspectos Deseables
$J$	Conjunto de tareas
$I$	Conjunto de pasantes
$K$	Conjunto de restricciones del puesto de trabajo
$H$	Conjunto de aspectos deseables para el puesto
$\alpha_1$	Coefficiente de ponderación de la función objetivo 1
$\alpha_2$	Coefficiente de ponderación de la función objetivo 2
$\alpha_3$	Coefficiente de ponderación de la función objetivo 3
$\alpha_4$	Coefficiente de ponderación de la función objetivo 4
$CPD_j$	Cantidad de puestos deseables a ocupar para cada tarea $j$
$CPE_j$	Cantidad de puestos extra que se pueden llegar a ocupar para cada tarea $j$
$P_{ij}$	Prioridad del pasante $i$ sobre el puesto $j$
$R_{jk}$	Cumplimiento de restricción $k$ del puesto $j$
$C_{jk}$	Capacidad del pasante $i$ según la restricción $k$
$D_{jh}$	Aspecto deseable $h$ del puesto $j$
$EC_{jh}$	Experiencia y característica del pasante $i$ según el aspecto deseable $h$
$CL_j$	Costo asociado a dejar libres puestos para la tarea $j$
$CE_j$	Costo asociado a aumentar los cupos extra para la tarea $j$
$nPL_j$	Cantidad de puestos libres para una tarea $j$
$nPE_j$	Cantidad de puestos ocupados por encima de los deseados para la tarea $j$
$x_{ij}$	Variable binaria que toma el valor 1 si la tarea $j$ es asignada al trabajador $i$

### 4.3. Consideraciones previas

Para que exista una solución factible es necesario tomar algunas consideraciones en los datos a ingresar. Estas se pueden resumir en dos grandes puntos:

1. La cantidad de puestos deseados más los puestos extra debe ser mayor a la cantidad de pasantes, de lo contrario no se podrá cumplir de ninguna forma la restricción 4.2 que indica que todos los pasantes deben ser asignados a una tarea.

2. Cada pasante debe poder realizar al menos una de las tareas. En caso de no poder ser asignado a ninguna de las tareas por ser estas muy restrictivas tampoco podrá cumplir la restricción 4.2.

Aún teniendo estos puntos en consideración, puede surgir que no exista solución viable y esto se desencadena de combinar ambas consideraciones. Puede existir un tercer escenario en el que un grupo de pasantes pueda realizar solo una o dos tareas debido a distintas condiciones, y el cupo total de estas dos tareas en conjunto es menor a la cantidad de ese grupo más restringido de pasantes.

#### 4.3.1. Versión alternativa

Para poder analizar estos escenarios y obtener para qué tareas o para qué pasante es que la asignación se vuelve infactible, se propone relajar la restricción número 4.2 y penalizar la no asignación. La restricción resultante quedaría de la siguiente manera:

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

Esta formulación alternativa indica que a todo pasante se le debe asignar una única tarea o ninguna. Para asegurar que si es posible, la solución asigne una tarea al pasante y únicamente deje a un pasante sin asignación en el caso que no pueda realizar ninguna tarea o que las que pueda realizar no tienen cupos suficientes, se define un nuevo parámetro de la siguiente manera:

- **M:** Un número lo suficientemente grande que penalice la no asignación de una tarea. El valor se puede calcular de forma tal que sea mayor al costo asociado de asignarlo.

Por último, se necesita incorporar esa información en la función objetivo de la siguiente manera:

$$Max \quad M \times \sum_{i \in I} x_{ij}$$

Con este cambio en la formulación se podrá ver, para un escenario infactible para la primera versión, dónde se encuentra esta incompatibilidad, y actuar en consecuencia. La solución de este problema será una asignación para todos los pasantes que se puede realizar una, y ninguna para los otros.

## 4.4. Validación del modelo

La validación del modelo es una etapa muy importante para asegurar que el modelo se comporta de acuerdo a lo esperado. Elegir correctamente las pruebas a realizar garantiza una buena ratificación del modelo y su aplicabilidad a casos complejos. Para validar el modelo completo se valida cada función objetivo por separado, se crean escenarios pequeños donde el resultado esperado es claro y se corre el modelo para corroborar su comportamiento.

El modelo se corrió para las instancias de validación en GLPK 4.65 desde un sistema operativo Windows 11 Home 64-bit, con procesador Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU @ 1.60GHz (8 CPUs), 1.8GHz, memoria de 8192MB RAM. Los tiempos de ejecución fueron todos despreciables en las instancias corridas.

#### 4.4.1. Objetivo: optimizar prioridades (OptPri)

Para validar la optimización de prioridades se crea una combinación con 3 pasantes y 3 tareas con un puesto a cubrir para cada una. Además, se define una restricción y un aspecto deseable pero haciendo que todos los pasantes puedan ocupar todos los puestos y que todos los pasantes cumplan con el aspecto deseado. De esta forma, lo único que influye en la asignación son las prioridades.

Tabla 4.2: Validación prioridades. Escenario 1

Pasante	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
P1	1	2	3
P2	3	1	2
P3	2	3	1

En la Tabla 4.2 se pueden ver los valores de las prioridades para las tareas del *escenario 1*. Como era de suponer el resultado obtenido fue a todos los pasantes su tarea de mejor prioridad:

$$x_{11}, x_{22}, x_{33} = 1$$

$$x_{12}, x_{21}, x_{31}, x_{13}, x_{23}, x_{32} = 0$$

Además, el valor de la función objetivo toma el valor mínimo de tres. Para continuar con la validación, utilizando las mismas prioridades de los pasantes, se definió que el P2 no podía realizar la Tarea 2 (por ejemplo, por problemas de accesibilidad). El resultado obtenido fue:

$$x_{11}, x_{32}, x_{23} = 1$$

$$x_{12}, x_{21}, x_{31}, x_{13}, x_{33}, x_{22} = 0$$

Con esta solución, la función objetivo toma un valor de 5, mayor al anterior, ya que no todos los pasantes se podían asignar a su mejor prioridad debido a las restricciones de la tarea, o en el caso del P3 por cupos disponibles.

El *escenario 3* está definido por los valores de prioridades de los pasantes que se ven en la Tabla 4.3. Adicionalmente, se define una restricción que implica que el P1 no puede realizar la Tarea 2. En este escenario, todos los pasantes prefieren la misma tarea; pero como todas las tareas deben ser cubiertas ( $CPD_j = 1$  y  $CPE_j = 0 \quad \forall j \in J$ ), será necesario asignar pasantes a tareas que no son su primera prioridad.

Por como están definidas las prioridades, se puede ver que el P2 no será asignado a la Tarea 1 porque sino alguno de los otros dos debería tomar su tarea con prioridad 3. Considerando que el P1 no puede hacer la Tarea 2 por motivos de restricciones, es claro

Tabla 4.3: Validación prioridades. Escenario 3

Pasante	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
P1	1	2	3
P2	1	3	2
P3	1	2	3

que la solución posible es:

$$x_{11}, x_{32}, x_{23} = 1$$

$$x_{12}, x_{21}, x_{31}, x_{13}, x_{33}, x_{22} = 0$$

Al correr el modelo obtenemos esta misma solución. Por último, se decide correr con las mismas prioridades pero con los parámetros de puestos extra permitidos por encima de la cantidad de pasantes. De esta forma, el modelo asigna a los tres pasantes a la Tarea 1, y deja los puestos libres de las Tareas 2 y 3.

#### 4.4.2. Objetivo: minimizar puestos extra (MinPE)

De forma de validar la minimización de puestos extra en el caso de que se necesiten, se trabaja con 6 pasantes y 3 tareas disponibles.

Se define para el *escenario 1* la cantidad de puestos y el costo de los mismos como se muestra en la Tabla 4.4:

Tabla 4.4: Validación puestos extra. Escenario 1

Tarea	Puestos deseables	Puestos extra	Costo de puesto extra
1	1	5	1
2	1	5	2
3	1	5	3

Con estos datos el resultado del modelo fue el siguiente:

$$x_{11}, x_{31}, x_{41}, x_{51} = 1$$

$$x_{22} = 1$$

$$x_{63} = 1$$

La solución que se genera es la trivial, en donde se ocupan los puestos deseables en cada una de las tareas y luego se asignan el resto de los pasantes a la tarea que tiene puestos extra disponibles con el menor costo. Como la Tarea 1 tiene 5 puestos extra con costo 1, los 3 pasantes sin asignar a puestos deseables se ubican en esta tarea.

En el caso del *escenario 2*, se utilizan los mismos datos de base que el *escenario 1*, con la salvedad de que se define una restricción para la tarea 1 que hace que solo puedan realizarla P4, P5 y P6.

Con esta restricción obtuvimos el siguiente resultado:

$$x_{41}, x_{51}, x_{61} = 1$$

$$x_{12}, x_{22} = 1$$

$$x_{33} = 1$$

Era de esperarse que P4, P5 y P6 fueran asignados a la Tarea 1 ya que eran quienes cumplían con la restricción que se plantea. De esta forma, P1 y P2 se asignan a la Tarea 2, ya que es la tarea que pueden realizar ocupando puestos extra con menor costo sin considerar la Tarea 1 para la cual estaban restringidos. El P3 se asigna en la Tarea 3 para cumplir con la cantidad de puestos deseables.

Para el caso del *escenario 3* se retira la restricción y se ajustan los cupos y los costos de la siguiente manera, ver Tabla 4.5:

Tabla 4.5: Validación puestos extra. Escenario 3

Tarea	Puestos deseables	Puestos extra	Costo de puesto extra
1	1	1	1
2	1	0	2
3	1	5	3

La solución obtenida es la siguiente:

$$x_{11}, x_{31} = 1$$

$$x_{22} = 1$$

$$x_{43}, x_{53}, x_{63} = 1$$

Esta solución está de acuerdo a lo esperado, ya que en la iteración se coloca primero un pasante en cada tarea ocupando todos los puestos deseables. Luego, se ocupa el puesto extra con menor costo que se da en la Tarea 1 y los otros dos pasantes se colocan en la Tarea 3 que es la otra tarea que tiene puestos extra, por más de que esto implique un mayor valor en la función objetivo de puestos extra.

Luego, se genera el *escenario 4* para el cual se decide modificar la función objetivo y la primera restricción según lo indicado en la Sección 4.3.1. Los datos ingresados, son los mostrados en la Tabla 4.6, donde podemos ver que solo se podrán cubrir 4 puestos y hay 6 pasantes.

Tabla 4.6: Validación puestos extra. Escenario 4

Tarea	Puestos deseables	Puestos extra	Costo de puesto extra
1	1	0	1
2	1	1	2
3	1	0	3

La solución obtenida es la siguiente:

$$x_{11}, x_{22}, x_{42}, x_{33} = 1$$

Con esta solución validamos que la restricción de los puestos totales disponibles (deseables más extra) se inicializa de forma correcta asignando solamente los puestos que se pueden.

Para agregar además la validación de las restricciones de los puestos, se modifica el caso anterior y se crea el *escenario 5* donde únicamente P5 y P6 pueden realizar la Tarea 2. De esta forma logramos la siguiente asignación:

$$x_{11}, x_{52}, x_{62}, x_{23} = 1$$

Como los puestos disponibles son menores a la cantidad de pasantes, no existe otra posibilidad que cubrirlos y por lo tanto se asignan P5 y P6 a la Tarea 2, y luego aleatoriamente se cubren los otros dos puestos.

#### 4.4.3. Objetivo: minimizar puestos libres (MinPL)

Con el objetivo de validar la minimización de puestos libres, se plantea un caso con 6 pasantes disponibles y 3 tareas.

En el *escenario 1* las tareas cumplen las características de la Tabla 4.7.

Tabla 4.7: Validación puestos libres. Escenario 1

Tarea	Puestos deseables	Puestos extra	Costo de no cubrir puesto
1	2	0	2
2	4	0	1
3	2	0	2

La solución arrojada por el modelo es la siguiente:

$$x_{11}, x_{21} = 1$$

$$x_{32}, x_{42} = 1$$

$$x_{53}, x_{63} = 1$$

Era de esperarse que la solución no contemplara ningún puesto libre en las Tareas 1 y 3, ya que son las tareas que tienen un mayor costo en el caso de no cubrir el puesto. Se completan todos los puestos deseables en estos casos y se liberan dos puestos deseables en la Tarea 2 que tiene un costo menor, lo que implica un menor esfuerzo por no cubrirlo.

Se prueba luego el *escenario 2* en el cual se modifican los costos de no cubrir un puesto, como muestra la Tabla 4.8.

Tabla 4.8: Validación puestos libres. Escenario 2

Tarea	Puestos deseables	Puestos extra	Costo de no cubrir puesto
1	2	0	1
2	4	0	2
3	2	0	1

La solución obtenida es la siguiente:

$$x_{11}, x_{21} = 1$$

$$x_{32}, x_{42}, x_{52}, x_{62} = 1$$

De esta forma se valida que siempre se intenta cubrir los puestos que tengan mayor costo de no ser cubiertos, con el objetivo que la función obtenga el menor valor posible. En este caso, la Tarea 3 tiene el mismo costo que la Tarea 1 de no ser cubierta, que es un punto menos que la Tarea 2. Se asignan P1 y P2 a la Tarea 1 y luego P3, P4, P5 y P6 a la Tarea 2 de forma que no quede ningún puesto sin cubrir en la tarea más costosa.

Por último, en el *escenario 3* se plantea la misma situación que en el escenario anterior, agregando el hecho de que solo P6 puede realizar la Tarea 1. En este contexto la solución obtenida es la siguiente:

$$x_{61} = 1$$

$$x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42} = 1$$

$$x_{53} = 1$$

Este resultado es coherente, ya que se completan todos los puestos deseados para la Tarea 2 que es la que tiene el costo de puesto libre mayor. Luego, asigna al P6 que es el único que puede realizar la Tarea 1 a este puesto y al P5 a la Tarea 3.

#### 4.4.4. Objetivo: maximizar beneficios (MaxBen)

Para el caso de la función objetivo maximizar beneficios se plantearon escenarios con 3 pasantes, 3 tareas y 3 aspectos deseables.

En la mayoría de las pruebas de validación realizadas, salvo en el *escenario 3*, se cumple con la especificación de las tareas de la Tabla 4.9.

Tabla 4.9: Validación beneficios. Características de las tareas.

Tarea	Puestos deseables	Puestos extra
1	3	0
2	3	0
3	3	0

En el *escenario 1* no hay restricciones (todos los pasantes pueden asignarse a todas las

tareas). A continuación, en la Tabla 4.10 se muestran los aspectos deseables especificados para cada tarea y pasante. A cada pasante se le determinó una sola característica y a cada tarea se le estableció un único aspecto deseado.

Tabla 4.10: Validación beneficios. Escenario 1

Aspecto deseable	P1	P2	P3	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
1	0	0	1	1	0	0
2	0	1	0	0	1	0
3	1	0	0	0	0	1

El resultado arrojado es el siguiente:

$$x_{31} = 1$$

$$x_{22} = 1$$

$$x_{13} = 1$$

Este es el resultado esperado, ya que los tres pasantes se ubicaron en los puestos de trabajo de forma tal de que cumplieran con el aspecto deseado que se les definió, maximizando el valor de la función.

Para el *escenario 2* se modifican los aspectos deseables que cumplen los pasantes, como muestra la Tabla 4.11.

Tabla 4.11: Validación beneficios. Escenario 2

Aspecto deseable	P1	P2	P3
1	1	1	1
2	0	0	0
3	0	0	0

Se obtuvo la siguiente solución:

$$x_{11}, x_{21}, x_{31} = 1$$

En la misma se asignan los tres pasantes a la Tarea 1 de forma de maximizar los beneficios por tener el mismo aspecto deseable, sin tener en cuenta que la Tarea 2 y 3 iban a quedar sin pasantes asignados, ya que no es lo que se busca maximizar en este objetivo.

El *escenario 3* se define de forma muy similar al anterior. Sin embargo, se modifica el valor de  $CPD_1$  para que la cantidad de puestos deseables sea 2 para la Tarea 1. El resultado obtenido es:

$$x_{11}, x_{21} = 1$$

$$x_{33} = 1$$

Esto es coherente ya que idealmente los tres pasantes serían asignados a la Tarea 1, como ocurre en el *escenario 2* pero como la misma está restringida por la cantidad de puestos

disponibles a uno de los tres pasantes se lo tiene que asignar a otra tarea, en esta caso el P3 a la Tarea 3.

La siguiente validación consistió en atribuirle más aspectos deseados a una tarea, para ello se creó el *escenario 4* mostrado en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12: Validación beneficios. Escenario 4

Aspecto deseable	P1	P2	P3	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
1	1	1	0	1	0	0
2	0	1	0	1	1	0
3	0	0	1	0	0	1

El resultado obtenido fue:

$$x_{21}, x_{12}, x_{33} = 1$$

El valor de la función objetivo fue 4, ya que sumó dos coincidencias de la asignación del P2 a la Tarea 1 y una coincidencia para cada uno de los restantes pasantes. El P2 podría haber sido asignado a la Tarea 2 y obtenido beneficios (ya que cumple el aspecto deseable 2), sin embargo, obtiene mayores beneficios en la Tarea 1.

Finalmente, se presenta el *escenario 5* en la Tabla 4.13, donde todas las tareas presentan los mismos beneficios. Sin embargo, la Tarea 2 tiene una restricción que hace que ni P2 ni P3 puedan realizarla. En cuanto a las características de los pasantes, P1 y P2 cumplen con el aspecto deseable que tienen las tareas, y P3 no presenta ninguna característica a considerar.

Tabla 4.13: Validación beneficios. Escenario 5

Aspecto deseable	P1	P2	P3	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
1	1	1	0	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0

El resultado fue que los tres pasantes fueron asignados a la Tarea 3. Aunque pueda haber otras formas de obtener el mismo valor para la función objetivo, esta solución cumple con la restricción de que ni P3 ni P2 se asignaron a la Tarea 2.

## Capítulo 5

# Aplicación al caso de estudio

Luego de haber validado el modelo se procede a correrlo para el caso de asignación manual que se realizó durante el trabajo conjunto del Proyecto Pasantías Laborales. En esta ocasión, el modelo se corre desde un entorno en la nube de Google Colab, mediante la instalación local bajo el comando *!apt-get install -y glpk-utils*. Nuevamente los tiempos de ejecución fueron despreciables.

Se analizan los resultados obtenidos según cada objetivo a considerar, en comparación con la asignación realizada manual y se genera una herramienta para correrlo de forma práctica.

### 5.1. Procesamiento de Datos

El escenario que se corre consiste en cinco tareas correspondientes a cada una de las oficinas del SAC. Para los puestos deseables se toman los valores dichos por los responsables en el relevamiento de accesibilidad realizado.

En el caso de los puestos extra que se pudieran cubrir, se indica un número en función de lo discutido en instancias posteriores cuando se estaba realizando la asignación. Para el caso de Administración y Buzón Ciudadano, los puestos extra se designan en cero ya que físicamente, en ninguna de las dos oficinas había espacio para un escritorio adicional. Cabe destacar, que al momento de realizar el relevamiento inicial no se contaba con la información de la cantidad de pasantes que iban a ingresar, ni cuántos puestos extra se necesitarían y por lo tanto, el tema no fue abarcado de forma directa. A lo largo del proceso de asignación y frente a la necesidad de definir puestos extra deseables es que este concepto se genera y define como un parámetro de ingreso para el modelo.

Para los costos PE y PL se consideran valores del orden de las prioridades (máximo cinco) para tener un marco de referencia, y se comparan entre las distintas tareas. Para los puestos extra, se definió un valor de 5 para el Call Center ya que los referentes de la oficina aclararon que podrían recoordinar los turnos y las disposición de los escritorios para incorporar un par más de pasantes pero que no era necesario; mientras que 2 a Módulos y Atención Presencial que simplemente debían reasignar responsabilidades pero no redistribuir físicamente el espacio. Para Administración y Buzón el costo PE no es

relevante porque el parámetro de puestos extra posibles es nulo. Finalmente, el costo de dejar un puesto libre se define como 10 para todas las tareas ya que no se intercambi6 suficiente informaci3n como para asignar una diferenciaci3n entre los puestos. En la Tabla 5.1 se pueden ver los datos ingresados.

Tabla 5.1: Datos ingresados para las tareas

<b>Nro</b>	<b>Tarea</b>	<b>Puestos deseables</b>	<b>Puestos extra</b>	<b>Costo PE</b>	<b>Costo PL</b>
1	Call Center	4	2	5	10
2	Administraci3n	1	0	5	10
3	M3dulos	3	2	2	10
4	Atenci3n Presencial	2	1	2	10
5	Buz3n	3	0	5	10

Los datos a ingresar para las prioridades de los pasantes fue mucho m3s sencillo, ya que se hab3a procesado anteriormente durante la asignaci3n manual. A partir de los perfiles del pasante se extrajeron las prioridades indicadas por los mismos, y para las tareas que no hab3an asignado ninguna prioridad, por lo cual se entiende preferir3an no realizarla, se asigna un valor de 10. Los datos se pueden ver en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Prioridades de los pasantes

<b>Nro</b>	<b>Iniciales</b>	<b>Call</b>			<b>Atenci3n</b>	
		<b>Center</b>	<b>Administraci3n</b>	<b>M3dulos</b>	<b>Presencial</b>	<b>Buz3n</b>
1	N.L	10	2	1	10	10
2	S.A	10	2	1	10	10
3	J.L	5	1	3	2	4
4	L.G	5	1	2	3	4
5	F.M	2	1	4	5	3
6	S.I	2	3	4	1	5
7	A.N	4	1	5	3	2
8	S.D	10	2	10	10	1
9	L.M	1	10	10	10	10
10	M.P	1	10	2	3	10
11	L.D	2	3	10	10	1
12	L.G	2	1	10	10	3
13	C.D	2	1	10	10	3
14	D.V	1	2	10	10	3
15	F.D	2	2	4	2	1
16	L.F	2	4	1	2	5

Finalmente, en la parte m3s compleja de preparaci3n de datos, se procedi3 a definir

las restricciones y aspectos deseables. De acuerdo con lo relevado de las oficinas del SAC, y lo discutido en la reunión de asignación, se decide definir las restricciones (en rojo) y los aspectos deseables (en amarillo) mostrados en la Tabla 5.3.

Las primeras tres restricciones sobre accesibilidad física, visual y auditiva refieren a los resultados obtenidos del relevamiento e indican si se considera que la oficina cumple con los requisitos mínimos para garantizar que una persona con necesidades de ese tipo pueda realizar las tareas requeridas del puesto. La restricción de movimiento físico refiere a la necesidad de desplazarse o realizar tareas que impliquen movimientos o esfuerzos físicos. Finalmente, trato directo refiere a la necesidad del puesto de trabajo de tratar de forma directa con el público. Se utilizaron estas restricciones por ser similares a las condiciones discutidas para la asignación manual, pero se entiende pueden ser muy amplias en su definición y pueden no incluir la variedad de situaciones que se pueden desarrollar. En este sentido, se recomienda definir restricciones bien claras y objetivas para evitar conflictos a la hora de evaluar cumplimientos de las mismas.

Dentro de la flexibilidad del modelo, el concepto aspecto deseable puede definirse de dos maneras:

1. Aspecto deseable que tenga el pasante en su perfil que le brinde un beneficio al sector u oficina.
2. Aspecto deseable que tenga la tarea que potencie las capacidades o contemple las necesidades del pasante.

Aunque es claro que una definición está centrada en el empleador y la otra en el pasante, en ambas situaciones las dos partes se ven beneficiadas, ya que el beneficio de una, influencia directamente en el beneficio de la otra.

Para el caso de estudio se decidió finalmente tomar los siguientes aspectos deseados:

- Tarea que puede llevar a situación de estrés: el aspecto deseado sería que el pasante pueda manejar bien situaciones que requieran toma de decisiones rápidas y bajo presión. Inicialmente, este aspecto deseado se consideró como una restricción pero luego surgió la problemática de definir si los pasantes tenían o no esa restricción, puesto que en algunos de los perfiles se mencionaba explícitamente (tanto por sí como por no) y en otros no. Finalmente, se decidió considerarlo como aspecto deseado para que sea menos restrictivo.
- Pasante que tenga conocimiento y práctica en uso de computadora: en los puestos donde se utiliza diariamente la computadora para realizar las tareas, es beneficioso que el pasante tenga conocimiento y experiencia en el uso de ciertas herramientas de computadora.
- Puesto de trabajo donde se haya trabajado previamente con personas ciegas: este aspecto deseado claramente no es una restricción porque la idea es que en todas las oficinas se puedan integrar pasantes. Sin embargo, es una ventaja sobre los demás puestos, ya que le garantiza al pasante que va a ingresar, cierto nivel de accesibilidad sobre los demás puestos. Un ejemplo muy claro en este caso de estudio, es el

uso de programas de asistencia visual en las computadoras, que precisan de cierta configuración especial y de alguien que sepa usarlo para capacitarlo. En el caso del Call Center, que ya habían personas ciegas trabajando, los compañeros de trabajo podrían ser una excelente fuente de capacitación y asistencia en el uso de estos programas. Para el Buzón Ciudadano, en el que en un momento había ingresado una persona ciega y se habían hecho algunas adaptaciones en la oficina, también servía como precedente.

Tabla 5.3: Características de las tareas (restricciones y aspectos deseables)

Restricciones/A. deseables	Tareas				
	Call	Adm.	Módulos	A. Presencial	Buzón
Accesibilidad física	1	1	0	1	1
Accesibilidad visual	0	1	1	1	0
Accesibilidad auditiva	0	0	1	1	0
Movimientos físicos	0	1	0	0	0
Trato directo	1	0	1	1	0
Situaciones de estrés	0	1	0	0	1
Computadora	1	1	0	1	1
Experiencia previa	1	0	0	0	1

Finalmente, se procedió a releer todos los perfiles de los pasantes y asignar los valores de los parámetros  $C_{ik}$  (capacidades de los pasantes) y  $EC_{ih}$  (experiencia y características) según lo indicado en los mismos. Nuevamente, se presentaron ciertas dificultades debido a la ambigüedad o amplitud de las restricciones establecidas, encontrando situaciones donde fue necesario asignar valores binarios a características que podrían haber sido definidas de manera parcial o según ciertas características circunstanciales. El escenario completo se puede encontrar en el Anexo D.

## 5.2. Resultados obtenidos

Una vez preparados los datos, se corrió el escenario cuatro veces, una para cada objetivo definido y se compararon los resultados obtenidos. En ninguno de los casos el tiempo de ejecución fue considerable, obteniendo siempre valores por debajo del segundo. A continuación, en la Tabla 5.4 se puede apreciar la asignación obtenida para cada uno de estos escenarios (en las columnas marcadas con título A), así como una comparación con la asignación manual (columnas V). Para realizar dicha comparación se definió la función valoración que toma el valor 1 si la asignación manual coincide con la del modelo y 0 si no. Finalmente, se realizó la suma de estas valoraciones por escenario (resaltado en amarillo en la tabla).

Tabla 5.4: Comparación de resultados según los distintos objetivos y la asignación manual

Pasante	OptPri		MinPE		MinPL		MaxBen		Asignación manual
	A	V	A	V	A	V	A	V	
1	3	1	4	0	4	0	4	0	3
2	3	1	4	0	4	0	4	0	3
3	4	1	4	1	1	0	1	0	4
4	3	0	3	0	1	0	3	0	4
5	1	0	3	0	2	1	1	0	2
6	4	1	3	0	3	0	1	0	4
7	5	1	1	0	1	0	5	1	5
8	5	1	1	0	1	0	5	1	5
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	5	1	2	0	5	1	2	0	5
12	2	0	5	0	5	0	5	0	1
13	1	1	5	0	5	0	5	0	1
14	1	1	5	0	5	0	1	1	1
15	5	1	3	0	3	0	3	0	5
16	3	1	3	1	3	1	3	1	3
		13		4		5		6	

Como conclusión evidente, podemos decir que la asignación manual fue predominantemente basada en las prioridades de los pasantes, obteniendo 13 coincidencias sobre 16 casos. Para tres de los dieciséis pasantes la asignación fue la misma en los cuatro escenarios y en la asignación manual, reforzando completamente la decisión de designación. Por el otro lado, hay dos pasantes para los cuales en ninguno de los cuatro escenarios se le asignó la misma tarea que en la asignación manual. Al mirar esos casos con detenimiento, podemos ver que ambos tenían como primera prioridad la tarea de Administración que justamente fue de las más solicitadas y solo tenía un puesto para ocupar, por lo cual fue la tarea que mayor esfuerzo se le tuvo que dedicar.

En la Tabla 5.5 que se muestra a continuación podemos ver los valores que toman las distintas funciones objetivo según la función considerada. Además, se calcularon manualmente los valores para la asignación manual. El color azul de la celda indica que es el mejor valor obtenido entre los cinco escenarios. Como era de esperar el menor valor para los objetivos de minimización (Prioridad, Puestos Extra y Puestos Libres) se obtiene al priorizar dicha función, y el mayor valor para el objetivo de maximización (Beneficios) al priorizar la misma, es decir, los valores de la diagonal.

Tabla 5.5: Valores de las funciones objetivo

<b>Función</b>	<b>OptPri</b>	<b>MinPE</b>	<b>MinPL</b>	<b>MaxBen</b>	<b>Asignación manual</b>
Prioridad	21	65	66	51	22
PuestosExtra	17	11	20	20	17
PuestosLibres	0	0	0	0	0
Beneficios	14	10	13	17	13

Dadas las características de los datos, el objetivo de minimizar puestos libres no sugiere ninguna restricción al problema con estos datos, ya que podemos ver que siempre toma el valor cero, lo que significa que sin importar cuál objetivo se priorice, se logran cubrir todos los puestos deseados (aunque no sea el objetivo).

Con esta tabla se refuerza la idea de que la asignación manual se basó fuertemente en una optimización de prioridades ya que los valores de esa función tienen muy poca diferencia para el objetivo OptPri y la asignación manual. Adicionalmente, los otros valores de las funciones toman valores muy similares con el objetivo uno.

Para poder realizar un análisis más global de la situación y considerando que las cuatro funciones tienen escalas distintas se procedió a normalizar sus valores según las siguientes reglas:

1. Funciones de minimización:  $\frac{Valor-MIN}{MAX-MIN}$
2. Funciones de maximización:  $\frac{MAX-Valor}{MAX-MIN}$

Donde MAX y MIN corresponden al mayor y menor valor entre los obtenidos en la tabla respectivamente. De esta forma se obtuvieron los valores de la Tabla 5.6, donde cero es el valor deseado y 1 el valor menos deseado, nuevamente las celdas en azul indican el mejor valor obtenido.

Tabla 5.6: Valores de las funciones objetivo normalizados

<b>Función</b>	<b>OptPri</b>	<b>MinPE</b>	<b>MinPL</b>	<b>MaxBen</b>	<b>Asignación manual</b>
Prioridad	0.00	0.98	1.00	0.67	0.02
PuestosExtra	0.67	0.00	1.00	1.00	0.67
PuestosLibres	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beneficios	0.43	1.00	0.57	0.00	0.57

Graficando estos valores superpuestos en la Figura 5.1, podemos ver como la función de prioridades se destaca en la asignación manual y que de considerar los otros objetivos, empeora por encima del 60% en todos los casos. También se puede ver que los puestos extra es la función más comprometida en todos los casos en los que no se prioriza, lo que se traduce en que flexibilizando la posibilidad de tener más puestos extra en las distintas tareas, reorganizando la carga laboral y la división de responsabilidades dentro del puesto, se puede lograr focalizar en las prioridades de los pasantes y los beneficios de las asignaciones.

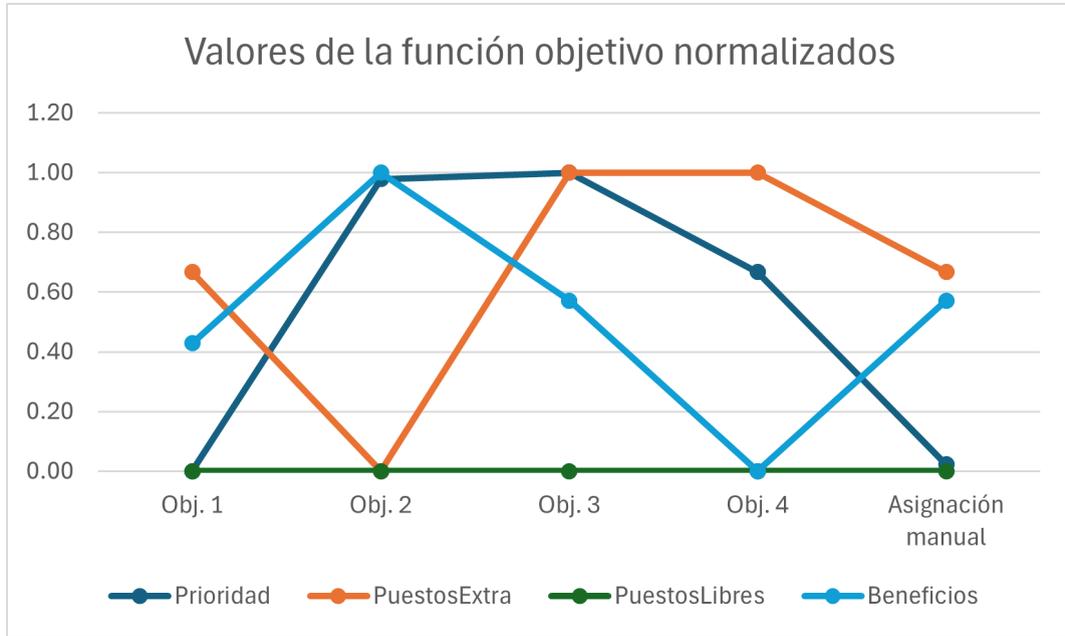


Figura 5.1: Análisis de los valores de la función objetivo normalizados

Finalmente, en la Figura 5.2 podemos ver la comparación entre los resultados con cada objetivo priorizado, con la asignación manual, y con un caso hipotético ideal (no posible) donde todas las funciones toman su mejor valor. Nuevamente, se resalta la similitud entre la asignación manual y la minimización de prioridades.

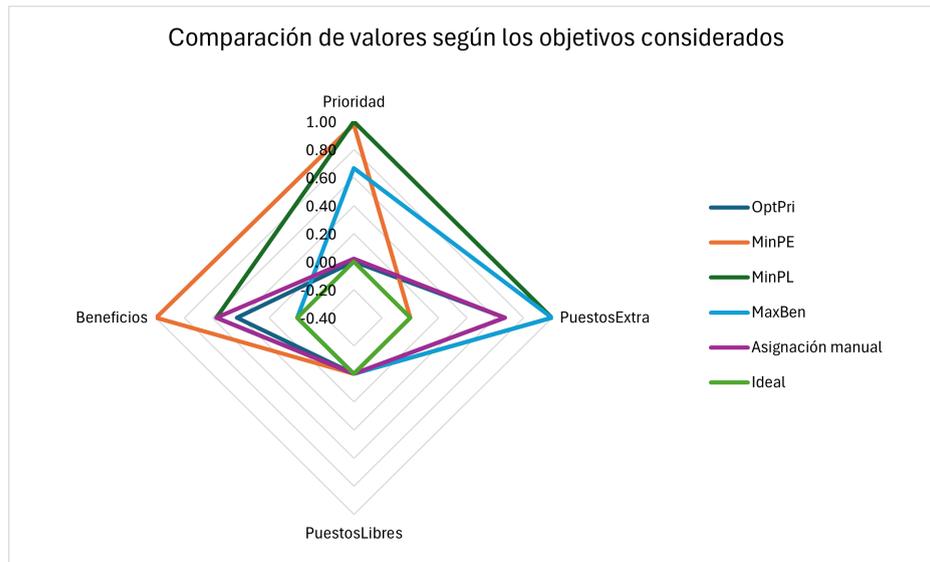


Figura 5.2: Gráfico radial de los valores de la función objetivo

### 5.3. Análisis de sensibilidad

Una vez desarrollado el modelo matemático que describe el proceso de asignación de tareas en detalle, es esencial llevar a cabo un análisis de sensibilidad. Este análisis permite comprender cómo varían los resultados del modelo frente a cambios en los parámetros clave.

En esta sección, se detalla el análisis de sensibilidad del modelo de distribución de tareas presentado anteriormente, con foco en dos aspectos fundamentales: la modificación de las ponderaciones de las funciones objetivo y la variación en la disponibilidad de puestos de trabajo. Se explora cómo estos cambios impactan en los distintos objetivos planteados, y consecuentemente en el beneficio esperado.

#### 5.3.1. Ponderación de funciones objetivo

Tal como se presentó anteriormente, el modelo consta de cuatro objetivos representados a través de las siguientes funciones: minimizar el número de puestos libres, optimizar las prioridades, minimizar el número de puestos extra y, por último maximizar los beneficios generados. La eficacia y relevancia de estas subfunciones están intrínsecamente vinculadas a las ponderaciones asignadas a cada una de ellas. Estas ponderaciones reflejan la importancia relativa de cada objetivo en el proceso de asignación de tareas y pueden variar según el contexto específico de la aplicación o las prioridades organizativas. Se expone a continuación, cómo los cambios en estas ponderaciones impactan en los resultados del modelo.

Previo a dicho análisis, parece importante volver a presentar los valores obtenidos cuando se ejecuta cada función objetivo por separado con el fin de poder comparar los mismos con la función objetivo conjunta. En la Tabla 5.7 se presentan los mejores resultados cuando se consideran las funciones objetivo por separado.

Tabla 5.7: Mejores resultados para cada función objetivo (evaluado de manera individual)

Prioridad	PuestosExtra	PuestosLibres	Beneficios
21	11	0	17

En la sección 4.2.5, se definen los  $\alpha$  como:

- $\alpha_1$  : valor de ponderación para la función objetivo de optimizar prioridades
- $\alpha_2$  : valor de ponderación para la función objetivo de minimizar puestos libres
- $\alpha_3$  : valor de ponderación para la función objetivo de minimizar puestos extra
- $\alpha_4$  : valor de ponderación para la función objetivo de maximizar beneficios derivados de la asignación

A partir de los mismos, en la Tabla 5.8 se dejan explícitas las distintas variaciones de los  $\alpha$  junto con los valores obtenidos para la función conjunta para cada uno de los

objetivos. En la misma tabla se pueden observar resaltados en azul, los casos en los que la función objetivo alcanza su mejor valor.

Tabla 5.8: Asignación de alfas y resultados

#	Asignación de alfas	Prioridad	PuestosExtra	PuestosLibres	Beneficios
1	$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,25$	23	14	0	14
2	$\alpha_1 = 0,7, \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,1$	21	17	0	14
3	$\alpha_2 = 0,7, \alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,1$	24	11	0	11
4	$\alpha_3 = 0,7, \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_4 = 0,1$	23	14	0	14
5	$\alpha_4 = 0,7, \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,1$	32	20	0	17
6	$\alpha_1 = \alpha_4 = 0,4, \alpha_2 = \alpha_3 = 0,1$	21	17	0	14
7	$\alpha_2 = \alpha_3 = 0,4, \alpha_1 = \alpha_4 = 0,1$	24	11	0	11
8	$\alpha_1 = 0,3, \alpha_4 = 0,5, \alpha_2 = \alpha_3 = 0,1$	21	17	0	14
9	$\alpha_4 = 0,6, \alpha_1 = 0,2, \alpha_2 = \alpha_3 = 0,1$	24	17	0	15
10	$\alpha_2 = 0,6, \alpha_3 = 0,2, \alpha_1 = \alpha_4 = 0,1$	24	11	0	11

Un resultado interesante de observar es que en todas las variaciones de los  $\alpha$  realizadas, el valor de la función asociada a la minimización de los puestos libres, nunca es distinto del nulo. Esto resfuerza la idea que para la instancia de datos corrida, los puestos libres no son una limitante, ya que en todos los casos alcanza el mínimo.

Para el primer caso donde todos los objetivos tienen el mismo peso, al compararlo con los valores de la Tabla 5.7 se puede observar que a excepción de los puestos libres, el resto de las funciones aumentan levemente su valor.

Las asignaciones 2, 3, 4 y 5 corresponden a ponderar mucho más uno de los objetivos, y considerar de igual manera los restantes tres. En los cuatro escenarios se logra el mejor valor para la función objetivo con mayor peso, por lo cual se analiza cómo impacta en los otros objetivos. Para el caso donde se le da mayor relevancia a la prioridad, se obtienen los mismos resultados para todos los valores, que cuando se corrió el problema solo considerando la función objetivo OptPri. Con esto se concluye que con un 0,7 de ponderación, en esta instancia de datos, la función de optimización de prioridades es completamente dominante.

Al destacar la minimización de puestos extra y compararla con la corrida de solo considerar esa función se visualiza que logrando el mismo valor mínimo para MinPE, se mejora considerablemente el valor de prioridad (65 contra 24) y se mejora un poco el de beneficios (10 contra 11).

El caso 4 es un escenario particular ya que al ser la función MinPL no limitante para el problema con estos datos no influye ponderarla con mayor peso. Se concluye entonces como el resultado es el mismo que para el escenario 1 donde todas las funciones tenían el mismo peso.

Cuando se le da el mayor peso al  $\alpha$  asociado al objetivo de maximizar los beneficios (caso 5), es cuando se obtiene el valor más alto de este (tal como es deseado) pero sin embargo, los resultados de prioridad y puestos extra también son los más altos entre todas las variaciones. Esto último es llamativo porque lo que se está buscando es la minimización de

los mismos. En conclusión, la búsqueda de mejores beneficios repercute negativamente en las prioridades de los pasantes y la utilización de puestos extra. En comparación a cuando se corrió individualmente MaxBen los puestos extra no muestran diferencias, mientras que las prioridades mejoraron de 51 a 32. De todas formas, sigue siendo el peor valor entre los resultados de la función conjunta.

Continuando el análisis, cuando se le asigna un peso relativamente alto tanto a beneficios como a prioridad (Casos 6, 8 y 9) no se alejan tanto de la solución sin ponderar, pero como era de esperar el valor asociado a puestos extra incrementa, sin alcanzar los valores del caso 5 anteriormente presentado.

Se puede concluir que los objetivos OptPri y MaxBen son predominantemente enfocados en el pasante; y los objetivos MinPL y MinPE en la organización, y por ello los escenarios 6 y 7 buscan ser enfocados en el pasante y en la organización respectivamente. De todas formas, persiguiendo los objetivos de la organización es posible que los pasantes se sientan más cómodos ya que sus funciones son de utilidad y permitirán desarrollar un sentimiento de pertenencia; y que persiguiendo los objetivos de los pasantes, la organización se verá beneficiada porque tendrá pasantes motivados. El escenario 6 logra el mejor valor para prioridades pero no para beneficios y es por ello que se prueba el escenario 8 y 9 para ver si se logran ambos objetivos en simultáneo. La conclusión es que se encuentran soluciones equilibradas, cercanas a los objetivos pero no cumpliendo el mejor valor para ambos objetivos. Un caso distinto ocurre al hacer el foco en la organización, posiblemente porque MinPL no es restrictivo, obteniendo las mismas soluciones en el escenario 7 y 10.

### 5.3.2. Variación de puestos libres y extra

El objetivo principal de este análisis es evaluar cómo ciertos cambios específicos en los parámetros de  $CPD_j$  y  $CPE_j$  impactan en los resultados obtenidos por el modelo, permitiendo comprender mejor su robustez y flexibilidad ante diferentes escenarios. A lo largo del mismo, se exploran cuatro modificaciones en el modelo original. En primer lugar, se considera el efecto de establecer la misma cantidad de puestos deseados que de pasantes disponibles. Luego, se establece la cantidad de puestos en función de las preferencias de los pasantes. También, se evalúa el impacto de agregar un puesto deseado y uno extra adicional en cada tarea. Por último, se examina cómo la adición de un puesto extra en cada tarea afecta las asignaciones resultantes.

A través de este proceso, se busca identificar cómo estas variaciones influyen en la asignación final de los pasantes a tareas específicas, brindando información valiosa sobre la estabilidad y adaptabilidad del modelo en diferentes contextos. Los hallazgos de este análisis de sensibilidad proporcionan una comprensión más profunda de las implicaciones prácticas del modelo y establecen una guía para la toma de decisiones informada en futuras aplicaciones.

Tabla 5.9: Resultado a partir de los datos reales

Objetivo	OptPri	MinPE	MinPL	MaxBen
Prioridad	21	65	66	51
PuestosExtra	17	11	20	20
PuestosLibres	0	0	0	0
Beneficios	14	10	13	17

En la Tabla 5.9 se pueden visualizar nuevamente los resultados obtenidos en el modelo a partir de los datos reales, su inclusión en esta sección es para facilitar el análisis. A continuación se presentan las diferentes variantes antes comentadas.

El problema original no presentaba la misma cantidad de puestos disponibles que de pasantes, por eso la necesidad de contar con puestos extra. En este primer análisis, se estudia un caso donde la cantidad de puestos disponibles aumenta hasta ser igual a la cantidad de pasantes y los puestos extra permitidos se mantienen. En la Tabla 5.10 se visualizan los resultados correspondientes, marcados en azul se resaltan los mejores valores obtenidos.

Tabla 5.10: Resultado para el escenario con puestos deseados igual a cantidad de pasantes

Objetivo	OptPri	MinPE	MinPL	MaxBen
Prioridad	21	55	55	61
PuestosExtra	5	0	0	20
PuestosLibres	10	0	0	40
Beneficios	14	12	12	20

Al comparar las dos tablas anteriores (5.9 y 5.10) es posible visualizar que el costo de puestos extra disminuye su valor en la mayoría de los casos. Esto refleja lo esperado: si se aumentan los puestos deseados de manera tal que sea posible acomodar a todos los pasantes en una tarea, no es necesario ocupar puestos extra. Esto se cumple especialmente para las funciones objetivo MinPE y MinPL, que están estrechamente vinculadas ya que dejar puestos libres en este contexto implica ocupar extra.

Otro análisis interesante de este escenario es que se logra visualizar el efecto de los puestos libres: en el caso de las funciones OptPri y MaxBen donde el foco no está en los puestos sino más bien en las preferencias y características de los pasantes, las soluciones tienen valores mayores a cero para los puestos libres. Esto significa que al buscar cumplir con las prioridades o maximizar los beneficios se dejan sin ocupar puestos en algunas tareas y se cubren puestos por de más en otras. Sin embargo, para las otras dos funciones, se busca evitar este efecto, ocupando los puestos disponibles totales, esto es resultado del foco en los intereses de la organización.

El siguiente experimento consiste en tener disponible una cantidad de puestos de trabajo en cada tarea idéntico a la cantidad de pasantes que la prefieren. La diferencia con el caso anterior se da en que la cantidad de puestos totales era igual a la cantidad de pasantes, pero no se consideraban sus preferencias, sino que la igualdad se cumplía globalmente.

Los resultados se pueden visualizar en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11: Resultado para el escenario de puestos deseados según preferencia de pasantes

Objetivo	OptPri	MinPE	MinPL	MaxBen
Prioridad	17	81	81	50
PuestosExtra	10	0	0	20
PuestosLibres	20	0	0	40
Beneficios	15	13	13	22

Al optar por modificar la cantidad de puestos en cada tarea considerando las preferencias de los pasantes, se obtiene un mejor valor en prioridad, lo cual es esperado y fruto de lo impuesto. Sin embargo, notamos que no se logra llegar al valor idealmente menor, que sería 16 (cantidad de pasantes), en el caso de que todos los pasantes fueran asignados a la tarea que pusieron prioridad 1. Al ver en detalle la asignación notamos que hay un pasante que indicó su mayor preferencia en una tarea en la que está restringido, por lo tanto el resultado lo asigna a su siguiente prioridad. Esto hace dejar un puesto libre y ocupar uno extra al considerar la función OptPri. Si tenemos en cuenta las funciones MinPE y MinPL, en cambio, el resultado es muy similar al escenario anterior, donde para ambos casos los dos valores son iguales a cero. Para el caso de la función MaxBen se nota un aumento de los beneficios, incluso superior al caso anterior.

Se considera luego un escenario donde se retoma la cantidad de puestos por cada tarea del problema original, pero agregando un puesto deseado y uno extra para cada tarea. Los resultados se presentan en la Tabla 5.12

Tabla 5.12: Resultado para el escenario en que se agrega un puesto deseado y uno extra

Objetivo	OptPri	MinPE	MinPL	MaxBen
Prioridad	19	64	64	48
PuestosExtra	10	0	0	25
PuestosLibres	30	10	10	60
Beneficios	15	13	13	23

Como se mencionó anteriormente, el problema original presentaba menos puestos que pasantes. Al aumentar en una unidad los puestos deseados esta situación se revierte; se pasa de tener 13 puestos disponibles a 18, desencadenando en una situación donde hay más puestos disponibles que pasantes. Por primera vez se puede observar que en puestos libres se obtiene un valor distinto de cero para el caso de la función MinPL, como muestra la Tabla 5.12. Nuevamente se puede notar una fuerte correlación entre las funciones MinPE y MinPL, ya que en ambos casos se obtienen los mismos valores. A pesar de que se aumentan los puestos extra, en ninguno de estos dos casos fue necesaria su ocupación, tomando el valor de cero para la función. Respecto a los beneficios, al considerar la función MaxBen se obtiene el valor más alto de todos los casos presentados, con lo que concluimos que se habilitaron puestos que estaban limitando los beneficios. Algo similar ocurre con las

prioridades, que aunque no alcanza el menor valor, disminuye con respecto a los datos originales.

En el último caso, presentado en la Tabla 5.13, se mantienen los puestos deseados respecto al problema original, y se incrementan únicamente los puestos extra. Esto permite que más pasantes puedan ser asignados según su preferencia debido a la disponibilidad, asumiendo el costo correspondiente. Los valores para la función OptPri muestran que quedaron puestos libres, para hacer uso de dichos puestos extra y mejorar la prioridad con respecto a los datos iniciales. Una situación similar ocurre con MaxBen donde los puestos libres toman un valor mayor para que los beneficios logren aumentar en 5 puntos respecto al escenario inicial.

Tabla 5.13: Resultado para el escenario en que se agrega un puesto extra a cada tarea

Objetivo	OptPri	MinPE	MinPL	MaxBen
Prioridad	20	66	86	51
PuestosExtra	22	11	20	35
PuestosLibres	10	0	0	30
Beneficios	15	9	13	22

## 5.4. Relevamiento post inserción

Luego del ingreso de los distintos pasantes en sus correspondientes puestos de trabajo se realizó una reunión con la IdeM a modo de realizar un relevamiento de los resultados de la asignación. A su vez, se detallaron las distintas actividades que se llevaron a cabo previo al ingreso.

En primer lugar, se comenta que se realizaron encuentros entre los distintos referentes de las organizaciones a las que pertenecían los pasantes, con los referentes del SAC, de forma de que no hubiera dudas al momento del ingreso. Además, se da a conocer que, a diferencia de como se había planificado en una primera instancia, el ingreso de los pasantes se hizo en dos etapas, ingresando la mitad en noviembre y el resto en febrero.

El primer grupo de pasantes fue integrado por ocho colaboradores, los cuales ingresaron el 20/11/2023. En la primera semana se desarrollaron inducciones generales, fuera de los puestos de trabajo, que fueron brindadas por el CFE (Centro de Formación y Estudios). Se realizaron seis talleres teniendo en cuenta las particularidades de cada persona, en donde se trataron temáticas como funcionalidades de la organización, roles de géneros, entre otras. Aunque sí tuvieron la posibilidad de participar en los talleres, algunos de los pasantes no pudieron incorporarse a todas las dinámicas que se generaron en las inducciones por distintas barreras generadas. Esto último fue un gran aporte para el CFE, ya que sirvió como aprendizaje para construir cómo debían ser las distintas dinámicas para que todos puedan participar.

Aunque a grandes rasgos la experiencia fue exitosa, existieron algunas dificultades generadas específicamente por la asignación de los puestos de trabajo que se detallan a

continuación. En primer lugar, una pasante no se sintió a gusto con la tarea en el Módulo de Informes. Se sentía cómoda con la interacción con el público (lo cual fue considerado a la hora de asignar la tarea) pero en este sector en particular le ocasionaba mucho estrés, ya que era una atención a un público muy diverso y demandante. Se buscó una reasignación a otro puesto mientras se le dieron tareas menores por parte de la jefa de módulos. Finalmente, se encontró una vacante en un lugar que no se consideró en el análisis inicial, que era muy acorde al perfil, por lo que se reasignó a esta tarea.

Con otro pasante ocurrió que las tareas asignadas durante la primera semana y la ausencia de apoyo por parte de un técnico capacitado, desembocó en una situación de mucho estrés para el pasante, ocasionando que no pudiera continuar con el desarrollo de las mismas. Esta situación sirvió como insumo para el siguiente ingreso de pasantes ya que se consideró hacer inducciones específicas en el puesto, previo a las generales, para ayudar a asimilar la asignación.

Otro obstáculo presentado fue un pasante que no estaba familiarizado con el uso de la computadora, aunque sí manejaba el celular, que se encontró con dificultades para desempeñar la tarea a la cual se le asignó. Al estar en el Call Center, en dónde la única herramienta de trabajo es la computadora, se le realizó una capacitación específica por parte de la Intendencia. Luego de realizar el entrenamiento, sí pudo desempeñarse en su rol con normalidad.

Por último, desde la IdeM se notó que la mayoría de las organizaciones del convenio no se encontraron presentes a la hora de acompañar a las distintas personas en su puesto, luego de iniciadas las tareas. Sin embargo, hubo una organización que sí estuvo presente, con la cual se notó la diferencia en la evolución de los pasantes al enfrentar distintas dificultades y permitió dar cuenta de algunos apoyos adicionales necesarios.

Por más de que se hayan detallado estos inconvenientes, en el resto de los casos tanto el líder del área como el pasante se sintieron muy conformes con la tarea y el rol a desempeñar. Los líderes comentaron que fue una situación en la que se generó mucho aprendizaje y crecimiento por parte de todo el sector, mejorando los vínculos y la unión en el equipo de trabajo.

Por otra parte, el 19/02/2024 ingresó el segundo grupo conformado por otros ocho pasantes, de distintas asociaciones. Aunque se realizó la asignación a los puestos como se había planificado anteriormente, se generó un cambio de uno de los pasantes, quien se reasignó a Módulo de Informes de forma de cubrir la vacante generada en el grupo anterior.

A partir de la experiencia en el primer grupo de pasantes, se juntaron el equipo del SAC y la Secretaría de Discapacidad para plantear mejoras para este segundo ingreso. En ese sentido, la inducción general se realizó en Marzo, de forma que se familiarizaran en primer lugar con su puesto de trabajo y con los compañeros y luego poder conocer más sobre la organización a mayor escala. Se realizaron cambios en la forma de dictar los talleres, que en la instancia anterior habían sido cansadores para los pasantes y en algunos casos restrictivos, para que en esta oportunidad sean más interactivos e inclusivos. Los resultados fueron positivos, se notó mayor participación por parte de los pasantes, así como un sentimiento de pertenencia, que hizo la diferencia a la hora de la participación en las propuestas. A su vez, se realizaron encuentros con los docentes, previo a las presentaciones

para poder mirar las presentaciones con ojo crítico y evaluar si era necesario realizar algún cambio o adecuación. Las dinámicas de estos, se pensaron de forma tal que todos pudieran sentirse parte y compartir sin restricciones.

Además, se hizo foco en la importancia del acompañamiento por parte de los técnicos el mayor tiempo posible, y se notó la diferencia, impactando directamente en el desempeño de cada pasante en su puesto. En esta línea de trabajo, la IdeM debió incurrir en el costo de un intérprete de lengua de señas por dos semanas, ya que no se pudo contar con este recurso por parte de la organización aunque se había solicitado.

Para concluir, se comentó que la planificación a nivel general del equipo de pasantías fue larga y con bastantes intercambios y análisis de alternativas, debido al carácter piloto del proyecto. Como se puede intuir a partir de lo expuesto, implicó una constante adaptación a lo largo del proceso, lo que generó un desarrollo positivo en las personas involucradas en estas tareas. Se realizaron diversos aprendizajes a partir de las instancias generadas, y las devoluciones recibidas fueron positivas tanto por parte de los pasantes como de las jefaturas.

Como oportunidad de mejora, se plantea el hecho de realizar una encuesta para consultar a los pasantes cómo se sienten en sus puestos y que puedan escribir algún comentario para tener una devolución, práctica habitual en otras oficinas de la Intendencia.

En términos generales, en la Secretaría de Discapacidad están muy conformes con este proyecto y aunque se decidió que no volverá a realizarse de esta manera, ha marcado el comienzo de una línea de trabajo en la que quieren seguir mejorando. La propuesta a futuro es seguir incorporando personas con discapacidad de forma continua, en distintos llamados, en lugar de replicar un ingreso específico concentrado como se realizó en este proyecto. Se propone agregar criterios en los concursos de tareas administrativas básicas, como son las del SAC, para incluir a personas con discapacidad que hayan terminado ciclo básico. También se expresa la intención de seguir trabajando en mejorar las inducciones, capacitaciones y formaciones, incorporando criterios de accesibilidad a la formación docente.

## 5.5. Recomendaciones

Una vez realizado el análisis de resultados y sensibilidad e intercambiando ideas con el equipo de la Intendencia surgen algunas recomendaciones para un uso eficiente de la herramienta:

1. Definir cantidad de puestos entre los deseados y extra mayor o igual a la cantidad de pasantes.
2. Realizar un preprocesamiento de datos para identificar si existe algún caso muy restrictivo y evaluar la posibilidad de definir su asignación de forma manual para evitar situaciones de no factibilidad.
3. Considerar que esta herramienta es una guía para la toma de decisiones y no una asignación *per se*. Es por esto que se recomienda correr la herramienta para los

cuatro objetivos y analizar los resultados obtenidos para definir cuál sería la mejor alternativa.

4. Definir restricciones y aspectos deseables lo más objetivos posibles. De esta forma, será más sencillo determinar tanto para las tareas como para los pasantes si se cumplen o no. Para esto, se recomienda tomar como referencia las planillas de los distintos métodos ya existentes, mencionados en la Sección 3.5. Algunos puntos a considerar que derivan de los mismos son: infravalorar ante la duda al hacer las evaluaciones, analizar la actividad más relevante de la tarea, y generar planillas base sencillas. También es importante aquí considerar un *trade-off* entre cantidad de datos a ingresar y objetividad de las categorías a evaluar.
5. Evaluar si alguna de las restricciones puede ser transformada en aspecto deseado, de forma de hacer menos restrictivo el problema. Aquí hay que conocer muy bien la situación para discernir entre condiciones restrictivas y aquellas que no lo son.
6. Los costos de no asignación y los costos de cubrir un puesto extra para una tarea se definen como penalizaciones y no exactamente como valores monetarios a calcular. Es por ello que hay que considerarlos en comparación con los de las otras tareas y definirlos de la forma más sencilla posible. Una forma de realizarlo es identificando la tarea dónde es más penalizable y asignarle un valor, luego en función de qué tanto menos esfuerzo implica dejar un puesto libre o ocupar uno extra, definir los siguientes.
7. La definición de los parámetros  $\alpha$  no es directa y requiere un manejo de los datos para su correcta definición. Se sugiere probar con varios valores.

Además de las recomendaciones vinculadas al modelo en sí, surgen algunas otras recomendaciones de carácter general para la inclusión de personas con discapacidad en el ámbito laboral.

En primer lugar, es clave trabajar en una mejora de la accesibilidad a los puestos de trabajo, tanto en términos físicos como tecnológicos. La accesibilidad física implica la eliminación de barreras arquitectónicas y la implementación de medidas que faciliten el acceso y la movilidad de personas con discapacidad. Esto debe incluir la instalación de rampas, más ascensores, ensanchar los pasillos, crear espacios comunes de fácil acceso, sobretodo baños y comedores. Además, seguir trabajando en la adaptación de los espacios de trabajo para acomodar diferentes necesidades, como escritorios ajustables en altura o mobiliario ergonómico, y así mejorar la comodidad y la productividad de todos los empleados.

Por otro lado, la accesibilidad tecnológica juega un papel crucial en la eliminación de barreras para las personas con discapacidad en el ámbito laboral. Lo que implica garantizar que los sistemas, herramientas y plataformas tecnológicas utilizadas en el trabajo sean accesibles para todos, independientemente de sus habilidades físicas o cognitivas. Esto puede incluir la implementación de software y dispositivos con funciones de accesibilidad, como lectores de pantalla, teclados adaptados, subtítulos y opciones de aumento de texto.

Además, la formación y soporte para el uso de estos dispositivos o software es fundamental para garantizar la accesibilidad digital. No solamente herramientas de asistencia sino herramientas integrales aplicadas por todos los trabajadores y compatibles con todos los servicios y tareas realizadas en el área.

Asimismo, de la implementación de Job Crafting en el diseño de puestos de trabajo se pueden obtener una serie de ventajas significativas tanto para los pasantes a ingresar como para los trabajadores actuales y para la Intendencia en general. Al permitir que los empleados modifiquen y personalicen sus tareas, relaciones y percepciones en el trabajo, se fomenta un mayor sentido de autonomía y significado en el trabajo. A su vez, permite que cada una de las personas se sienta más cómoda y satisfecha en su rol, que puede derivar en mejor desempeño laboral. Para poder aplicarlo de forma correcta es necesario definir una estrategia, motivar, alentar y capacitar a los pasantes para que logren modificar su rol de forma que los beneficie a ellos y a la organización. Es claro que es necesario cierto nivel de flexibilidad en las tareas y un ambiente laboral que promueva la escucha activa de todos los trabajadores.

Por último, es importante continuar con la concientización colectiva, los talleres de sensibilización y la apertura al cambio por parte de todos los integrantes de los equipos, desde cargos administrativos y gerenciales hasta pasantes con contrato a término.

## 5.6. Herramienta práctica

Como insumo adicional para la implementación de este modelo se desarrolló una herramienta sencilla que facilita la carga de datos y la obtención de resultados del modelo. La misma consiste en un archivo excel con macros (.xlsm) y un archivo Python en un entorno de ejecución de Google Colab (.ipynb).

El archivo Excel intenta facilitar el ingreso de datos, permitiendo una carga gradual y referenciada con nombres, para hacer más sencilla su interpretación. Además, se incorporaron formatos condicionales para identificar si quedan campos necesarios sin ingresar y se ordenó de tal forma que los campos relacionados sean cargados secuencialmente. En la Figura 5.3 se pueden ver algunos ejemplos de estas pestañas, en el Anexo F se encontrará el archivo completo y los archivos para correr el modelo, así como también su manual de uso en el Anexo E.

Luego de la carga sistematizada y tabulada de los datos, es necesario poder descargar un archivo de datos y correr el modelo. Para ello se previó la pestaña mostrada en la Figura 5.4, que mediante los botones de la derecha permite:

1. Descargar un archivo datos.dat
2. Abrir el entorno de Collab que permite obtener una solución al modelo, siguiendo los pasos allí estipulados
3. Cargar los datos obtenidos en el paso anterior al excel para su posterior visualización

La importancia de este tipo de herramientas radica en la facilidad para el usuario final, que no necesariamente está familiarizado con las herramientas de programación lineal; en la



eficiencia a la hora de modificar parámetros y analizar los resultados; y en la simplicidad de la visualización de los mismos. Además, reduce la posibilidad de errores al tener un formato más amigable, permite reducir los tiempos de análisis de resultados y no requiere de ninguna licencia ni adquisición adicional (además de office).

Se considera que aunque se puede simplificar más, esta herramienta permitirá que en la Intendencia puedan correr el modelo varias veces y se puedan apoyar en el mismo para la toma de decisiones.



## Capítulo 6

# Conclusiones

Durante el desarrollo de este proyecto, se realizó una revisión bibliográfica en la temática seleccionada y se constató que gran parte de las referencias existentes se encuentran asociadas a la asignación de tareas en el contexto de manufactura y no así de servicios. Este análisis permitió identificar un vacío en cuanto a la aplicación de modelos similares, señalando así una oportunidad de investigación y desarrollo.

En el transcurso del proceso llevado a cabo en la Intendencia, se destacó la importancia de la comunicación fluida como factor clave para el éxito del proyecto. La intervención directa en el relevamiento proporcionó una comprensión profunda y práctica de la problemática, lo que facilitó la consecución de los objetivos planteados.

La utilización del modelo propuesto reveló su notable facilidad de uso y su capacidad para ofrecer oportunidades de comparación entre diversas alternativas de manera racional. Esta herramienta no solo sistematizó el proceso de asignación, sino que también permitió un análisis de sensibilidad detallado, lo que posibilitó identificar áreas de mejora y optimización que no habrían sido evidentes mediante métodos manuales. En consecuencia, el modelo se erigió como una herramienta útil para la toma de decisiones informada y la mejora continua de los procesos. Nuevamente, se resalta que la finalidad de este modelo es apoyar en las decisiones estratégicas de asignación de personas a tareas, pero no sustituir el trabajo manual, indispensable cuando se trabaja en recursos humanos.

A continuación se presenta un detalle de orientaciones para el trabajo futuro, se enumeran las áreas para continuar mejorando el modelo y se mencionan algunos aspectos que fueron dejados de lado en el proceso de modelado para hacerlo más concreto. Finalmente, se cierra este trabajo con algunas reflexiones finales sobre el tema discapacidad en general, la ventaja de la aplicación de un caso de estudio y sobre la ejecución del proceso de este proyecto.

### 6.1. Trabajo a futuro

El modelo obtenido es un modelo simple pero sumamente aplicable. El resultado de este trabajo no es una herramienta innovadora sino que el valor agregado se encuentra en la sencillez, validez y relevancia para la Intendencia. Sin embargo, existen algunos

aspectos en los que se puede seguir trabajando para mejorarlo y por lo tanto, proponemos a continuación algunos lineamientos para el trabajo futuro.

### 6.1.1. Técnicas de resolución de problemas

En primera instancia, sería interesante probar este modelo para escenarios más grandes, ya sea por la cantidad de pasantes a ingresar, como por los puestos de trabajo o incluso la cantidad de restricciones a considerar. Es muy probable que en estos casos, el tiempo de ejecución deje de ser despreciable y pueda ser una limitante.

Para el problema AWALBP encontramos trabajos desde el 2007 en adelante, en los cuales se desarrollan y exploran distintos métodos de resolución del problema para buscar resultados más eficientes y rápidos. Esto nos indicaría que no existe una única forma de resolver los problemas y que el proceso para encontrar un método eficiente puede ser largo e iterativo.

Por otro lado, a lo largo de este trabajo se explora brevemente la consideración de objetivos múltiples, a través de la introducción de los parámetros  $\alpha$  de ponderación. Si bien se logran conclusiones interesantes, sería bueno ahondar en formas más inmediatas y sencillas de designar estos parámetros para que reflejen de forma directa la intención de quien toma las decisiones. Se proponen entonces tres líneas de trabajo: intentar modificar el problema para que refleje uno de programación por metas; explorar en el uso de herramientas de solución de problemas de optimización que realicen iteraciones sobre soluciones previas (para considerar secuencialmente los distintos objetivos); y finalmente, trabajar en los frentes de Pareto considerando los objetivos de a pares y concluir en base a estos análisis.

### 6.1.2. Aspectos a considerar

Para lograr un modelo sencillo y aplicable hubo determinados aspectos o características de la problemática que no fueron contemplados. En esta sección se busca mencionar algunos de ellos que puedan ser considerados en futuros trabajos para mejorar la herramienta propuesta.

En primera instancia podría ser interesante considerar el nivel educativo desde nivel básico, hasta cursos realizados o conocimiento y manejo de idiomas. Estos aspectos pueden no ser un requisito limitante pero influyen a la hora de la asignación. En la misma línea se encuentra la experiencia laboral previa que puede o no estar relacionada con los puestos de trabajo a ocupar, pero que en cierta forma los responsables de la asignación consultan y consideran.

Por otro lado, se discute la posibilidad de tratar los costos de puestos libres y puestos extra como una función de costo no lineal. Con esto se buscaría modelar el hecho de que no es lo mismo ocupar un puesto extra que dos y que cada puesto extra adicional debería ser más costoso que el anterior ya que la división de tareas y la adaptación del espacio de trabajo es realizado entre más personas.

Otra variable posible a considerar es la disponibilidad horaria de los pasantes, y los turnos de las tareas. Esto se puede modelar con una variable continua con disponibilidad,

o una variable binaria con disponibilidad por turnos. De esta forma se pueden contemplar puestos deseados por turno, cubrir necesidades en distintos horarios y ser flexibles con los pasantes y sus horarios. Con respecto a esto, podría ser interesante contemplar la posibilidad de realizar trabajo remoto algunos días por semana. En este proyecto en particular no se incorpora esta opción para ninguna tarea, pero podría pasar en algún escenario futuro que ésto se diera, por lo cual no deja de ser interesante cubrirla.

Finalmente, para este plan piloto de Proyecto Pasantías Laborales, se consideró que el ingreso de los pasantes a las oficinas fuera de forma gradual: la mitad en determinado momento y la otra mitad un par de meses después. Con esto se buscó mayores niveles de adaptación y una integración gradual en las oficinas. También fue de utilidad para entender mejor las necesidades de la tarea y los requisitos del puesto de trabajo y para poder analizar de forma práctica la cantidad de puestos deseados y extra permitidos. El ingreso de los pasantes es en convenio con las organizaciones a las que pertenecen y dentro de lo establecido en el mismo, un articulador de las organizaciones acompaña el proceso durante las primeras semanas. Esto podría ser considerado en el modelo desde el punto de vista logístico de que pasantes de la misma organización entren a una misma oficina, o si se van a considerar entradas solapadas, que sean tomando en consideración la presencia del articulador. El mismo criterio podría ser usado para incluir las inducciones, capacitaciones, y formaciones dentro del modelo.

## 6.2. Reflexiones finales

Este proyecto permitió un acercamiento a una temática muchas veces obviada como es la discapacidad. En el transcurso del trabajo se analizaron distintas situaciones cotidianas desde otra óptica y se dimensionó el largo camino que queda por recorrer para llegar a una sociedad laboral inclusiva y accesible. Al reflexionar sobre la discapacidad y su relación con el mundo laboral, se destaca la importancia fundamental de trabajar, no solo como un medio de subsistencia, sino como una vía hacia la realización personal y la integración social.

Se destaca el haber participado del proceso de Proyecto Pasantías Laborales como colaboradoras activas, comprendiendo las limitaciones y necesidades y aportando desde dónde se consideró pertinente. La oportunidad de participar durante la asignación de pasantes a tareas permitió armar un modelo aplicable y volcar las herramientas teóricas de la ingeniería a un caso sumamente práctico. Es esencial reconocer la flexibilidad del modelo de programación realizado, adaptable a las diversas capacidades y necesidades de las personas con discapacidad. Incluso, se sostiene que este modelo es aplicable a muchas más situaciones de inclusión e integración social más allá de la discapacidad, ya que es lo suficientemente flexible para considerar diversidad de habilidades e individualidades particulares potenciando a cada individuo y generando un colectivo sólido y estable.

La inclusión, entendida en su aspecto más amplio, no solo implica la presencia física en el entorno laboral, sino también el reconocimiento y valoración de las habilidades y aportes de cada individuo. En este contexto, el profesionalismo adquiere un papel primordial al momento de tomar decisiones, especialmente en la gestión de recursos humanos y

la distribución equitativa de cargas de trabajo. Es necesario potenciar aquellos aspectos deseables, fomentando un ambiente laboral inclusivo y respetuoso, donde cada persona pueda desarrollar su máximo potencial. En ese sentido, la herramienta presentada en este trabajo busca ser un apoyo para la toma de decisiones ya que devuelve un análisis útil y tangible que permite buscar un equilibrio entre las necesidades de la organización y las necesidades de los individuos.

# Bibliografía

- [1] INTENDENCIA DE MONTEVIDEO. Secretaría de Discapacidad, 2023. Sitio web de la Intendencia de Montevideo. Accedido desde: <https://montevideo.gub.uy/institucional/dependencias/secretaria-de-discapacidad> (último acceso 13 abril 2024).
- [2] INTENDENCIA DE MONTEVIDEO. Servicio de Atención a la Ciudadanía, 2023. Sitio web. Accedido desde: <https://montevideo.gub.uy/institucional/dependencias/servicio-de-atencion-a-la-ciudadania> (último acceso 13 abril 2024).
- [3] FACULTAD DE INGENIERÍA, UDELAR, AND INTENDENCIA DE MONTEVIDEO. Convenio entre la Intendencia de Montevideo y la Facultad de Ingeniería Udelar: Articulación con el Centro de Referencia e Innovación para la Inclusión Laboral, 2022. Accedido en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31939> (último acceso 10 abril 2024).
- [4] GARCÍA MOLINA, C., AND VILLAR, M. *Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME*. Instituto de Biomécanica de Valencia, Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo, Madrid, España, 2002. <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/manual-evaluacion-y-prevencion-riesgos-ergonomicos-y-psicosociales-en-pyme-2003> (último acceso 10 abril 2024).
- [5] HILLER, F. S., AND LIEBERMAN, G. J. *Introducción a la investigación de operaciones*, 5 ed. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, D.F., 2010.
- [6] INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA (IBV). Portal Adaptyar, 2023. En colaboración con el Ministerio de Sanidad y Política Social del Gobierno de España. Sitio web. Accedido desde: <https://adaptyar.ibv.org/index.php> (último acceso 13 abril 2024).
- [7] INTENDENCIA DE MONTEVIDEO. Proyecto Suma, 2023. Sitio web de la Intendencia de Montevideo. Accedido desde: <https://montevideo.gub.uy/proyecto-suma-0> (último acceso 20 abril 2024).
- [8] INTENDENCIA DE MONTEVIDEO. Proyecto Suma, 2023. Portal de noticias de la Intendencia de Montevideo. Accedido desde: <https://montevideo.gub.uy/noti>

- cias/sociedad/intendencia-lanzo-proyecto-suma-de-insercion-laboral (último acceso 13 abril 2024).
- [9] INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Database: Disability labour market indicators (DLMI), ILOSTAT, 2023. <https://ilostat.ilo.org/data/> (último acceso 10 abril 2024).
- [10] LANTEGI BATUAK. Método de perfiles de adecuación de la tarea a la persona, 2014. 4ta edición revisada. Edición electrónica. Disponible desde: <https://www.lantegibat-uak.eus/wp-content/uploads/2019/11/metodo-perfiles-lantegi-batuak.pdf> (último acceso 13 abril 2024).
- [11] LANTEGI BATUAK. Sitio web de la asociación civil, 2024. Accedido desde: <https://www.lantegibat-uak.eus/> (último acceso 13 abril 2024).
- [12] MIRALLES, C., GARCÍA-SABATER, J. P., ANDRÉS, C., AND CARDOS, M. Advantages of assembly lines in sheltered work centres for disabled. a case study. *Int. J. Production Economics* 0, 110 (Marzo 2007), 187–197.
- [13] MURFITTA, K., CROSBIEB, J., ZAMMITC, J., AND WILLIAMSA, G. Employer engagement in disability employment: A missing link for small to medium organizations – a review of the literature. *Journal of Vocational Rehabilitation* 48 (2018), 417–431.
- [14] NESMACHNOW, S., AND ROSSIT, D. Conceptos y herramientas para la resolución de problemas de optimización multiobjetivo. Universidad de la República. Curso de posgrado, material disponible en sitio <https://eva.fing.edu.uy/course/view.php?id=1687> (último acceso 13 abril 2024), Diciembre 2023.
- [15] OFICINA DEL ALTO COMISIONADO DE NACIONES UNIDAS PARA LOS DERECHOS HUMANOS. Oficina del alto comisionado de naciones unidas para los derechos humanos. [https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/HRIndicators/SDG\\_Indicator\\_16b1\\_10\\_3\\_1\\_Metadata\\_SP.pdf](https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/HRIndicators/SDG_Indicator_16b1_10_3_1_Metadata_SP.pdf) (último acceso 13 abril 2024), Octubre 2019.
- [16] ONU: ASAMBLEA GENERAL. Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad: Resolución aprobada por la Asamblea General, 2006. A/RES/61/106, 24 Enero 2007, Accedido desde <https://www.refworld.org/es/leg/resolution/una/2007/es/49751> (Último acceso 10 abril 2024).
- [17] OPS. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud, 2023. [https://www.paho.org/es\(1timoacceso13abril2024\)](https://www.paho.org/es(1timoacceso13abril2024)).
- [18] PODER LEGISLATIVO. Ley N° 17817: Declaracion de interes nacional. Lucha contra el racismo la xenofobia y toda otra forma de discriminacion. Registro Nacional de Leyes y Decretos, Montevideo, Uruguay, 2004. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17817-2004>.

- [19] PODER LEGISLATIVO. Ley n° 18.418: Convención de Naciones Unidas sobre los derechos de las personas con discapacidad. Registro Nacional de Leyes y Decretos, Montevideo, Uruguay, 2008. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18418-2008>.
- [20] PODER LEGISLATIVO. Ley n° 18651: Ley de protección integral de personas con discapacidad. Registro Nacional de Leyes y Decretos, Montevideo, Uruguay, 2010. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18651-2010>.
- [21] PÉREZ, M. E., AND CHHABRA, G. Modelos teóricos de discapacidad: un seguimiento del desarrollo histórico del concepto de discapacidad en las últimas cinco décadas. *Revista Española de Discapacidad*, 7 (I) (2019), 7–27. <https://doi.org/10.5569/2340-5104.07.01.01>.
- [22] ROMERO, C. *Análisis de las Decisiones Multicriterio*, primera ed. Isdefe, noviembre 1996.
- [23] UNIT. Accesibilidad de las personas al medio físico - criterios y requisitos generales de diseño para un entorno edificado accesible. Norma Técnica 200:2022, UNIT, 2022. <https://www.unit.org.uy/normalizacion/norma/100001459> (último acceso 13 abril 2024).
- [24] VICENTE-HERRERO, M., TERRADILLOS GARCÍA, M., AGUADO BENEDÍ, M., CAPDEVILA GARCÍA, L., RAMÍREZ IÑIGUEZ DE LA TORRE, M., AND AGUILAR JIMÉNEZ, E. Incapacidad y discapacidad: Diferencias conceptuales y legislativas. *Documento AEEMT* (2016). <http://www.aeemt.com/> (último acceso 13 abril 2024).
- [25] WILLIAMS, H. P. *Model Building in Mathematical Programming*, 5 ed. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2009.



## Apéndice A

### Anexo I: Estado del Arte



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

## Estado del Arte

### *Autores*

Michele Blasiak - 5.110.267-5

Julieta Oberti - 4.906.626-3

Jimena Strechia - 4.969.618-9

### *Tutores*

Héctor Cancela (InCo)

Patricia Quintana (IIMPI)

Setiembre 2023

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Metodología</b>	<b>4</b>
2.1. Características de los trabajos estudiados . . . . .	4
2.2. Estructura del informe . . . . .	7
<b>3. Marco teórico</b>	<b>8</b>
3.1. Definiciones básicas . . . . .	8
3.1.1. Concepto de discapacidad . . . . .	8
3.1.2. Concepto de discriminación . . . . .	9
3.1.3. Accesibilidad . . . . .	10
3.2. Discapacidad en el entorno laboral . . . . .	11
3.2.1. Contexto internacional . . . . .	11
3.3. Contexto uruguayo . . . . .	13
<b>4. Desarrollo laboral para personas con discapacidad</b>	<b>13</b>
4.1. Análisis cuantitativos . . . . .	14
4.2. Análisis cualitativos . . . . .	17
<b>5. Diseño Universal</b>	<b>21</b>
5.1. Principios del Diseño Universal . . . . .	21
5.2. Diseño Universal en los lugares de trabajo . . . . .	22
5.2.1. Aplicaciones prácticas . . . . .	22
5.3. Post Diseño Universal . . . . .	23
5.4. Barreras arquitectónicas y normativa del Diseño Universal . . . . .	24
<b>6. Distribución de tareas</b>	<b>27</b>
6.1. Tipos de problemas de Assembly Line . . . . .	27
6.2. Formulación del modelo ALWABP . . . . .	29
6.3. Resolución del ALWABP . . . . .	30
6.3.1. Algoritmos exactos . . . . .	30
6.3.2. Métodos heurísticos y metaheurísticos . . . . .	31
6.4. Alternativas a partir de ALWABP . . . . .	34
6.4.1. Job Rotation . . . . .	34
6.4.2. Integración de personas con y sin discapacidad . . . . .	35
6.4.3. Entornos variables . . . . .	36
6.4.4. Características de los trabajadores . . . . .	38
6.4.5. Tiempos de Set-Up . . . . .	38
6.4.6. Otras configuraciones de líneas de Ensamble . . . . .	39
6.4.7. Conclusiones . . . . .	40
6.5. Otras herramientas aplicables . . . . .	40
6.5.1. Simulación . . . . .	41

6.5.2. Machine Learning . . . . .	42
-----------------------------------	----

## Índice de figuras

1. Clasificación de trabajos estudiados . . . . .	5
2. Distribución de trabajos por categoría . . . . .	6
3. Distribución de trabajos por año de publicación . . . . .	6
4. Comparación del estado laboral para personas con y sin discapacidad a partir de datos obtenidos de ILOSTAT (elaboración propia). . . . .	12

## 1. Introducción

La inclusión laboral de las personas con discapacidad es una temática de creciente importancia en la sociedad actual. Garantizar igualdad de oportunidades y promover un entorno laboral inclusivo son aspectos fundamentales para construir una sociedad más justa y equitativa. En este informe, introduciremos diferentes conceptos teóricos relevantes, así como análisis de diferentes autores. De esta forma se brindará un pilar del cual enriquecer para generar un modelo de distribución de tareas en procesos productivos para la inclusión de personas con discapacidad.

Se explorarán aspectos clave como el concepto de discapacidad y su impacto en la vida laboral, la discriminación a la que se enfrentan, la importancia de la accesibilidad en los lugares de trabajo, el desarrollo laboral para este grupo de personas, el Diseño Universal y la distribución equitativa de tareas. Estos temas se abordarán desde una perspectiva teórica y práctica, utilizando una metodología basada en la revisión de la literatura existente y el análisis de investigaciones previas, así como buenas prácticas implementadas a nivel nacional e internacional.

## 2. Metodología

Se realizó una lectura inicial del artículo *Advantages of assembly lines in Sheltered Work Centres for Disabled. A case study* [26] como artículo disparador. Los temas principales de este artículo son: la población con discapacidad, las oportunidades laborales de esta población, los centros especiales, diseño universal, diseño del espacio de trabajo, líneas de ensamblaje y modelado del problema de asignación de tareas en este contexto. Es importante destacar que el problema planteado se aplica a un caso práctico. A partir del mismo se buscaron artículos referenciados y temas similares.

La búsqueda se centró en la plataforma Timbó donde inicialmente se buscaron las siguientes palabras clave: *Universal Design, disabled, task assignment*.

Los resultados encontrados con estas palabras clave estaban centrados en el aspecto social de la incorporación del diseño universal en el lugar de trabajo, las implicancias que tiene, las limitaciones que se pueden encontrar y distintas estrategias de gestión.

Se realizó también una búsqueda concatenada de artículos a partir del artículo disparador, encontrando un foco de estudio en el modelo de asignación de trabajadores y equilibrio de la línea de ensamblaje, denominado ALWABP. Se consideró un problema interesante a analizar, sobretodo porque fue propuesto dentro del contexto de inclusión laboral para personas con discapacidad.

A partir de esto se realizó otra búsqueda más específica en la plataforma Timbó, con las palabras clave *disabled* y *ALWABP*, permitiendo obtener resultados más centrados en la investigación de operaciones.

### 2.1. Características de los trabajos estudiados

De esta búsqueda se obtuvieron 51 artículos considerados relevantes para el Estado del Arte. Dependiendo de la temática que abordaban se decidió categorizarlos en tres grandes grupos:

1. Desarrollo laboral para personas con discapacidad: aquí se distinguen trabajos cuantitativos sobretodo basados en encuestas y revisiones estadísticas; y trabajos cualitativos basados en entrevistas.
2. Diseño Universal: este concepto es ampliamente utilizado en la literatura en distintas áreas. A los efectos de este trabajo se seleccionaron artículos que reflejaran de forma práctica el Diseño Universal en los lugares de trabajo; artículos que mostraran cierta crítica a los conceptos y finalmente artículos orientados a la normativa sobre diseño de los lugares de trabajo.
3. Distribución de tareas: estos artículos corresponden a aquellos vinculados al área de investigación de operaciones. Se dividen en: problemas de Assembly Line que describen el problema de las líneas de ensamblaje y la distribución de tareas; artículos sobre el ALWABP tanto de métodos de resolución como de problemas alternativos o extensiones que lo flexibilizan; y finalmente en otras herramientas distintas a la programación lineal.

En la Figura 1 se puede ver de forma esquemática como se clasificaron los trabajos.



Figura 1: Clasificación de trabajos estudiados

La cantidad de artículos leídos por categoría se distribuye como se ilustra en la Figura 2. Se puede ver una predominancia de artículos en la categoría de Distribución de Tareas ya que consideramos importante profundizar en esta área, que incluye trabajos de aplicación práctica útiles para el futuro desarrollo de nuestro trabajo.

● Diseño Universal ● Distribución de tareas  
● Desarrollo laboral para personas con discapacidad

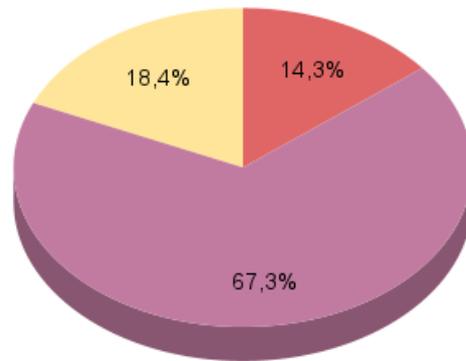


Figura 2: Distribución de trabajos por categoría

Por último, se puede ver en la figura 3 la distribución de los trabajos según su año de publicación. De la misma se desprende que la gran mayoría de los trabajos estudiados son de la década del 2010, considerando que muchos de ellos han tenido recientes actualizaciones. Por otro lado, también se incluyeron varios trabajos de los últimos tres años, en donde se ha apuntado a poder analizar las últimas investigaciones del tema.

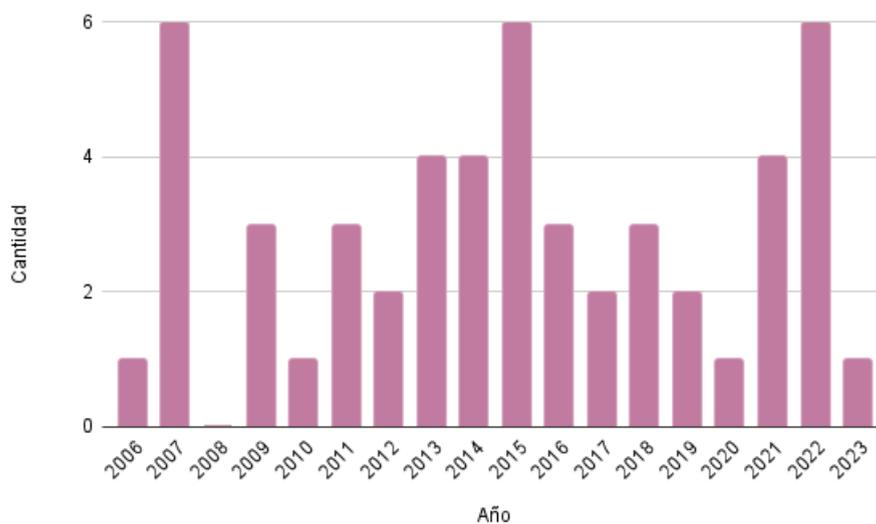


Figura 3: Distribución de trabajos por año de publicación

## 2.2. Estructura del informe

A lo largo de las distintas secciones, se analizarán aspectos fundamentales relacionados con la discapacidad en el ámbito laboral y se analizarán distintas soluciones con el fin de promover una mayor inclusión, así como también un análisis de distintos autores sobre la temática presentada.

En primer lugar, en el marco teórico, se establecerán las bases conceptuales para comprender la discapacidad y la discriminación en el entorno laboral. Se explorarán distintos conceptos clave, abordando la problemática y las diferentes formas de discriminación que pueden enfrentar las personas con discapacidad en su búsqueda de empleo, para proporcionar así un elemento esencial sobre el cual construiremos nuestro análisis.

En segundo lugar, en la sección desarrollo laboral para personas con discapacidad, se presenta un enfoque cuantitativo y cualitativo de la situación laboral de este grupo de individuos. Los datos estadísticos proporcionarán una visión general de la empleabilidad de las personas con discapacidad, mientras que las experiencias personales revelarán las barreras y desafíos a los que están expuestos en el mundo laboral.

En tercer lugar, el diseño universal será otro tema central, donde se explorarán los principios y aplicaciones prácticas para crear entornos de trabajo más inclusivos. Se destacarán ejemplos exitosos de adaptaciones y mejoras en lugares de trabajo que han implementado esta herramienta.

Por último, en la sección distribución de tareas se enfocará en la optimización de la distribución de tareas en entornos laborales inclusivos. Se abordarán problemas comunes en líneas de ensamblaje y se presentarán soluciones, incluyendo modelos matemáticos y estrategias alternativas, así como otras herramientas aplicables tales como Simulación y Machine Learning.

A lo largo de este informe, se busca aumentar la visualización de la inclusión laboral de personas con discapacidad, con el objetivo de fomentar la igualdad de oportunidades y contribuir a una sociedad más diversa y justa.

### 3. Marco teórico

#### 3.1. Definiciones básicas

Esta sección se centra en establecer las definiciones clave necesarias para abordar la discapacidad y la discriminación en el entorno laboral. Se exploran definiciones proporcionadas por organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud y las Naciones Unidas, así como otros términos relacionados. Como ya se mencionó, estas definiciones servirán como base conceptual para comprender los desafíos y proponer soluciones inclusivas en el ámbito laboral.

##### 3.1.1. Concepto de discapacidad

A modo de contextualizar, resulta fundamental poder comprender a qué se hace referencia al hablar del término discapacidad. Existen diversas organizaciones internacionales y nacionales que hicieron hincapié en este concepto para poder dar un marco de referencia. Para esto se desarrolla la definición que utiliza la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), principales organismos a nivel mundial que buscan asegurar la salud de todas las personas, desarrollando definiciones esenciales que abordan esta temática de manera integral y sensible. A su vez, se hace referencia a la definición que utiliza Uruguay dentro de su normativa legal para poder brindar la postura nacional sobre esta temática.

Según la convención internacional de derechos de personas con discapacidad de la ONU (definición adoptada por la OMS y la OPS), se define a las personas con discapacidad como:

“(…) aquellas que tienen deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, en interacción con diversas barreras, pueden obstaculizar su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás.” [43]

Por otro lado, la Normativa legal Uruguaya, considera discapacidad como:

“ Toda persona que padezca o presente una alteración funcional permanente o prolongada, física (motriz, sensorial, orgánica, visceral) o mental (intelectual y/o psíquica) que en relación a su edad y medio social implique desventajas considerables para su integración familiar, social, educacional o laboral.” [47]

Como se puede visualizar, ambas definiciones presentan similitudes, ya que al referir a personas con discapacidad, se centran en especificar distintas alteraciones que podrían presentar. A su vez, se identifica que sus diferencias y la estructura social provocan una participación restringida dentro de la sociedad, tanto a nivel familiar y educativo, como en el ámbito laboral y social. Una diferencia clara que se observa en estas definiciones, es que en la primera, se hacen explícitas las barreras presentes en la sociedad que generan una desigualdad en la interacción con la sociedad y una limitante para poder realizar actividades cotidianas. Se reconoce la importancia de realizar esfuerzos para eliminar o mitigar estas barreras de forma de poder garantizar la inclusión y la igualdad de oportunidades.

Para poder cuantificar esta problemática, nos parece interesante hacer referencia a los indicadores que tenemos al día de hoy. Según el Informe Mundial sobre la Discapacidad [43], alrededor del 15% de la población vive con algún tipo de discapacidad. Las mujeres tienen más probabilidades de sufrir discapacidad que los hombres y las personas mayores más que los jóvenes. Dentro de América Latina y el Caribe este porcentaje desciende a 12%, lo que igualmente significa 66 millones de personas.

Por otro lado, cabe destacar que el concepto de Discapacidad es un concepto dinámico, en constante evolución y que ha tomado mayor relevancia en los últimos 60 años. En el artículo *Modelos teóricos de discapacidad: un seguimiento del desarrollo histórico del concepto de discapacidad en las últimas cinco décadas* [50] se presentan los distintos modelos teóricos mediante los cuales se ha trabajado la discapacidad. En el mismo explican como el concepto inicialmente, y por mucho tiempo, fue abordado como una deficiencia o un problema individual y cómo a partir de la década de los 70, acompañado de muchos otros movimientos por los derechos humanos, ha empezado a tomar una relevancia de carácter social y a ser entendido en un contexto político, social y cultural. Se concluye que la Discapacidad es un concepto complejo y multifacético y que por lo tanto debe ser abordado de manera integral.

Dentro del concepto de Discapacidad existen definiciones auxiliares que contribuyen a generar un mejor marco en casos particulares. Es por esto que surgen las definiciones de *Incapacidad* y de *Limitaciones en la Actividad*. En primer lugar, la Incapacidad se entiende como la dificultad para hacer las actividades en cualquier ámbito de la vida [57]. Dentro de esta definición se pueden distinguir incapacidad intrínseca, que no implica apoyo de otra persona o aparato y la incapacidad actual, que sí involucra asistencia externa. Por otro lado, las Limitaciones en la Actividad se definen como las dificultades que un individuo puede tener para realizar ciertas actividades. Pueden implicar desde una limitación leve hasta una más grave, abarcando la posibilidad de que se pueda realizar la tarea pero no con la calidad habitual [57].

### 3.1.2. Concepto de discriminación

La discriminación es un fenómeno que se presenta habitualmente en personas con discapacidad, haciéndose presente tanto de manera explícita como sutil. Esto puede terminar afectando no solo la calidad de vida y el desarrollo pleno de dicha persona, sino que impactando también en la familia y en la sociedad en su conjunto.

Para poder analizar estos fenómenos en profundidad, es importante comprender el contexto teórico al que se hace referencia cuando se menciona la discriminación como un hecho en la sociedad.

La Oficina del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos (OACNUDH) define la discriminación como:

“(...) cualquier distinción, exclusión, restricción o preferencia u otro trato diferencial que se base directa o indirectamente por motivos prohibidos de discriminación y que tenga la intención o el efecto de anular o perjudicar el reconocimiento, el disfrute o el ejercicio, en igualdad de condiciones, de derechos

humanos y libertades fundamentales en el ámbito político, económico, social, cultural o de cualquier otro campo de la vida pública”.[40]

Algunas de las acciones habituales que se visualizan como discriminación son molestar, alarmar, abusar, degradar, intimidar, menospreciar, humillar o avergonzar a otros, o generar una intimidación, ambiente hostil u ofensivo, entre otros.

Dentro del derecho internacional de los derechos humanos, existen determinadas listas donde se especifican los motivos prohibidos de discriminación. Dentro de esta lista se incluyen: raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política u otra opinión, origen nacional, origen social, propiedad, condiciones legales al nacer, discapacidad, edad, nacionalidad, estado civil y situación familiar, orientación sexual, identidad de género, estado de salud, lugar de residencia, situación económica y social, embarazo, pertenencia un pueblo indígena, afrodescendiente u otra condición.

Por otro lado, para contextualizar la situación de Uruguay, la Ley 17817, define la discriminación como:

“(…) distinción, exclusión, restricción, preferencia o ejercicio de violencia física y moral, basada en motivos de raza, color de piel, religión, origen nacional o étnico, discapacidad, aspecto estético, género, orientación e identidad sexual, que tenga por objeto o por resultado anular o menoscabar el reconocimiento, goce o ejercicio, en condiciones de igualdad, de los derechos humanos y libertades fundamentales en las esferas política, económica, social, cultural o en cualquier otra esfera de la vida pública.” [45]

Como se puede observar, ambas definiciones de discriminación comparten el enfoque en la desigualdad de trato hacia ciertos grupos o individuos en función de características o condiciones específicas (donde se incluye la discapacidad), resaltando la importancia de proteger los derechos humanos y promover la igualdad en todas las esferas de la vida.

### 3.1.3. Accesibilidad

En el 2006, en el marco de la Asamblea General de Naciones Unidas, se aprueba la *Convención internacional sobre los derechos de las personas con discapacidad* [42]. Unos años más tarde, en diciembre de 2008, Uruguay ratificó el Tratado mediante la Ley N<sup>o</sup> 18.418 [46], convirtiéndose así en una herramienta de suma importancia para la sociedad a la hora de hacer cumplir los derechos que allí se protegen.

Tanto la Convención como la Ley implican la protección de los derechos humanos de las personas con discapacidad, contribuyendo a la eliminación de todo tipo de barreras que se presentan por el simple hecho de tener una discapacidad, impidiendo ejercer y disfrutar de todos los derechos. Es importante destacar que fue parte de un importante proceso el cual incluye el cambio de percepción de la discapacidad, permitiendo asegurar que las sociedades reconozcan que es necesario proporcionar a todas las personas la oportunidad de vivir de la forma más plena posible.

La accesibilidad de las personas con discapacidad se puede encontrar en el artículo 9 de la Convención y de la Ley. En el mismo se establece la obligación que tienen los Estados

parte de adoptar medidas apropiadas para que las personas con discapacidad puedan vivir en forma independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida. Es indispensable que los países identifiquen y eliminen los obstáculos y las barreras, y aseguren que las personas con discapacidad puedan tener acceso a su entorno, al transporte, a las instalaciones y a los servicios públicos, así como también a tecnologías de la información y comunicaciones.

En Uruguay la Norma UNIT 200:2022 define la accesibilidad como:

“(...) la condición que cumple un espacio, objeto, instrumento, sistema o medio, para que sea utilizable por todas las personas, en forma segura, equitativa y de la manera más autónoma y confortable posible” [56]

### 3.2. Discapacidad en el entorno laboral

El concepto de diversidad ha evolucionado dentro del marco laboral como consecuencia de las sociedades inclusivas y progresistas. Uno de los aspectos más trascendentes de este concepto es la inclusión de personas con discapacidad en el entorno laboral. La discapacidad deja de ser vista como una limitación, y pasa a considerarse como una característica que enriquece a las organizaciones con perspectivas únicas y talentos diversos. En esta era de conciencia y responsabilidad social, es interesante explorar y comprender cómo las empresas pueden crear entornos laborales que fomenten la igualdad de oportunidades y promuevan la participación activa de todas las personas, independientemente de sus habilidades. Grandes desafíos y oportunidades rodean la integración de personas con discapacidad en el mundo laboral; esta inclusión no solo beneficia a los individuos, sino también a las empresas y a la sociedad en su conjunto.

#### 3.2.1. Contexto internacional

Para enmarcar la situación mundial se toma como referencia a la Organización Internacional de Trabajo (OIT). En la Figura 4 se pueden observar tres gráficos que permiten comparar la condición en el mercado laboral entre personas con discapacidad y sin discapacidad en los últimos diez años. El primer gráfico corresponde al porcentaje asociado al empleo, el siguiente al desempleo y por último a la fuerza laboral. Los datos fueron obtenidos de una base de datos de ILOSTAT, página oficial de la OIT para la estadística [23]. El conjunto de 5949 registros refiere a población en edad laboral en 103 países, obtenidos de la base de datos Disability Labour Market Indicators (DLMI).

Las estadísticas de ILOSTAT se basan en definiciones estándar internacionales. Edad laboral es considerada a partir de 15 años de edad, y el término discapacidad es utilizado de forma amplia, considerando impedimentos, limitantes físicos y restricciones de participación. A los efectos de estos datos, una persona con discapacidad es una persona que está limitada en la cantidad de actividades que puede hacer debido a dificultades causadas por condiciones físicas, mentales o problemas de salud a largo plazo [23].

Los porcentajes mostrados en las gráficas corresponden al total de personas con discapacidad y al total de personas sin discapacidad. Del análisis de las mismas se concluye que

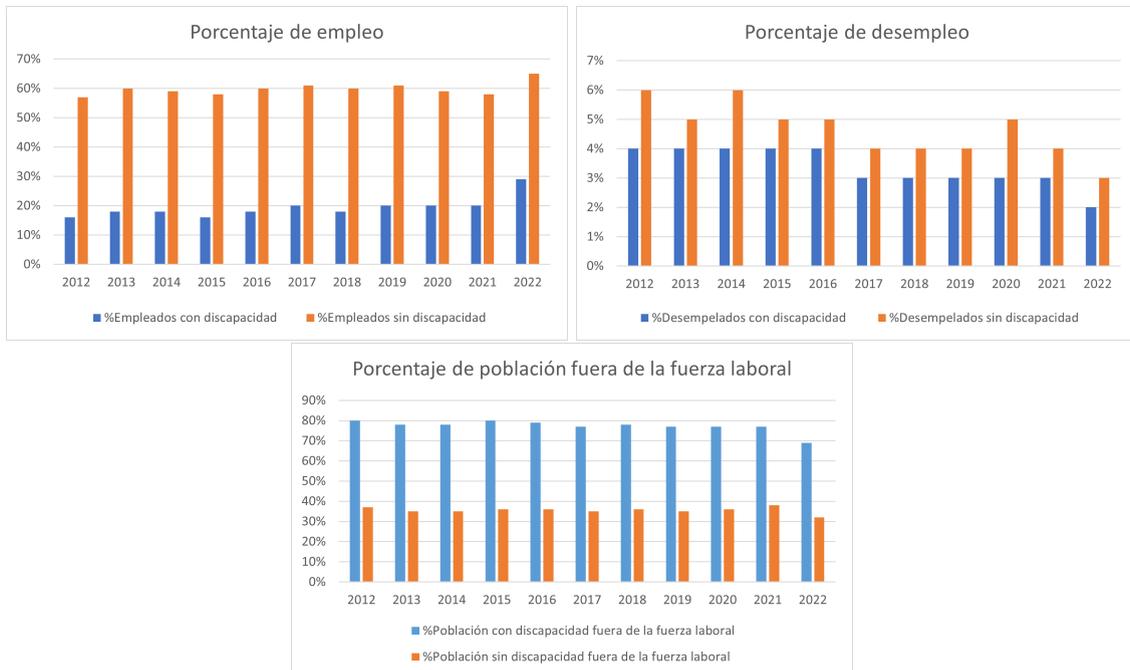


Figura 4: Comparación del estado laboral para personas con y sin discapacidad a partir de datos obtenidos de ILOSTAT (elaboración propia).

a nivel internacional aún queda mucho trabajo para realizar en pos de brindar las mismas oportunidades laborales. Es notorio el porcentaje de personas con discapacidad en edad laboral fuera de la considerada fuerza laboral, cercano al 70% contra un 30% para personas sin discapacidad, lo cual indica altos niveles de limitaciones y barreras para la entrada al mercado. Sin embargo, destacamos que hay una tendencia al aumento del porcentaje de empleo y a la disminución del desempleo mientras la fuerza laboral aumenta.

Dentro de la búsqueda de documentación realizada, se menciona el artículo [35], el cual describe una situación en Australia, que se puede extrapolar tanto a Uruguay como a distintos países donde las organizaciones pequeñas y medianas no cuentan con políticas que apunten a mejorar el empleo de personas con discapacidad.

El artículo mencionado hace énfasis en la importancia de crear una cultura positiva que fomente y abrace la diversidad en el lugar de trabajo. Con el fin de aumentar el empleo de personas con discapacidad se incluyen estrategias e iniciativas tales como: cuantificar el caso de las grandes empresas y adaptarlo a organizaciones o industrias específicas, ofrecer incentivos específicos y flexibles (incentivos fiscales y subsidios salariales) para involucrar a los empleadores, y ampliar el alcance de los fondos de asistencia para cubrir costos adicionales.

Sumado a esto, es necesario establecer redes de empleadores para brindar apoyo y compartir información, desarrollar objetivos de contratación de personas con discapacidad y realizar informes periódicos sobre el progreso, crear grupos de referencia de empleados

con discapacidad para brindar apoyo y asesoramiento a la dirección, y desarrollar un *kit de herramientas* para organizaciones pequeñas y medianas, entre otros.

Estas soluciones buscan abordar las barreras y desafíos específicos que enfrentan las organizaciones pequeñas y medianas en la contratación y retención de personas con discapacidad.

### 3.3. Contexto uruguayo

En Uruguay, la discapacidad y su inclusión en el ámbito laboral han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor en la agenda social y empresarial. A lo largo de los años, se han logrado avances significativos en términos de legislación, sensibilización y programas de inclusión que buscan no solo empoderar a las personas con discapacidad, sino también enriquecer a las empresas y a la sociedad en su conjunto.

La temática de la discapacidad en el entorno laboral ha experimentado un cambio trascendental gracias a la Ley 18651 [47], promulgada en febrero de 2010, que establece entre otras cosas, medidas de promoción del trabajo para personas con discapacidad.

Esta ley marca un hito en la búsqueda de una sociedad más inclusiva y equitativa al reconocer la importancia de generar oportunidades laborales accesibles para todas las personas, independientemente de sus capacidades. A través de la promoción de la igualdad de oportunidades y la eliminación de barreras que han limitado la participación plena en el ámbito laboral, Uruguay avanza hacia una dirección en la que las empresas y la sociedad en su conjunto se benefician de la diversidad de talentos y perspectivas.

La Ley antes mencionada reúne reglas sobre el trabajo en su Capítulo VIII. De esas normas se destaca el artículo 48 que establece como política de Estado que “la orientación y la rehabilitación laboral y profesional deberán dispensarse en todas las personas con discapacidad según su vocación, posibilidades y necesidades y se procurará facilitarles el ejercicio de una actividad remunerada” [47]. A su vez el artículo 49 obliga al Estado, Gobiernos Departamentales, Entes Autónomos, Servicios Descentralizados y Personas de Derecho Público no Estatales, a ocupar personas con discapacidad que reúnan condiciones de idoneidad para el cargo en una proporción mínima no inferior al 4% de sus vacantes. En relación a esto, la Oficina Nacional del Servicio Civil tiene el derecho de solicitar anualmente informes a los organismos públicos para que reporten las vacantes generadas en el año a los efectos de controlar el cumplimiento de la ley.

Por su parte, en el artículo 64 de esa misma ley, se menciona la potestad del Poder Ejecutivo a exonerar del pago de los aportes patronales de carácter jubilatorio correspondientes a las personas con discapacidad que sean contratadas por empresas industriales, agropecuarias, comerciales o de servicios.

## 4. Desarrollo laboral para personas con discapacidad

La responsabilidad social empresarial o RSE es un término internacional que refiere a la participación de forma activa y voluntaria de las organizaciones, para alcanzar bienestar en la sociedad, el medioambiente y la economía. Alcantara, Miralles y Garcia [2] presentan

un trabajo de cómo la integración laboral puede potenciarse si se considera dentro de las RSE de las empresas. Por más que destacan la importancia de que los gobiernos adopten políticas para promover el derecho de personas con discapacidades a integrarse lo más plenamente posible en la sociedad, plantean que la solución debe venir por la verdadera implicación de las empresas en conjunto con las medidas gubernamentales. En este contexto la RSE debe incluir claramente a las personas con discapacidad como prioridad dentro del grupo de interés de empleados, potenciando su integración, y viéndose ésto desde el mundo empresarial como una oportunidad, más que como una imposición. Al integrarlos en empresas ordinarias se contribuye doblemente a esta normalización: por un lado los trabajadores discapacitados se integran como compañeros de trabajo, y por otro se contribuye a que los trabajadores sin discapacidad empiecen a percibir como algo habitual un ambiente de trabajo heterogéneo donde cada trabajador, tenga o no discapacidades reconocidas, realice las tareas más convenientes según sus habilidades y capacidades.

Es habitual que las personas con discapacidad sufran discriminación para entrar al mercado laboral, así como también en lo que respecta la calidad de los trabajos que consiguen, ya que generalmente son empleos menos pagos o a medio tiempo, con falta de posibilidad de toma de decisiones y con poca oportunidad de desarrollo profesional [59]. Muchas veces estas asignaciones se ven influenciadas por estereotipos y prejuicios. Sin embargo, estas dificultades se presentan desde muy temprano en el proceso, remontándose a la etapa educativa [7].

Esta sección se sumerge en un análisis integral del desarrollo laboral para personas con discapacidad, integrando perspectivas cuantitativas y cualitativas. Los artículos seleccionados representan una diversidad de enfoques y enriquecen la comprensión de este tema. Los artículos con análisis cuantitativos incluidos son [59, 22, 13, 58, 9], mientras que por otro lado los trabajos [7, 39, 4, 3] aportan un análisis cualitativo.

#### 4.1. Análisis cuantitativos

En el artículo [22] sobre la discapacidad como un recurso del trabajo y el rol del *job crafting* el eje de análisis es justamente la construcción del trabajo o Job Crafting. Este término refiere a un rediseño y redefinición informal de las tareas y actividades a realizar por un trabajador durante el curso de la experiencia laboral. Los autores refieren a la discapacidad como un recurso en las organizaciones basándose en como la integración de la discapacidad puede generar comportamientos proactivos y positivos para la organización, y refieren al job crafting como un método influyente en esto. Dividen al concepto en tres áreas de aplicación:

- Task crafting: modificación de las actividades laborales y cómo son realizadas.
- Relational crafting: modificación de las relaciones laborales dentro y fuera de la organización.
- Cognitive crafting: modificación de la percepción de las actividades realizadas, significado del trabajo y las tareas a realizar.

Los resultados de este trabajo, luego de un análisis estadístico mediante cuestionarios y un enfoque mediante PLS-SEM, reflejan de forma preliminar y exploratoria que trabajadores con predisposición a aceptar a sus colegas con discapacidades son más propensos a tener comportamientos que beneficien el ambiente laboral. La integración de trabajadores con discapacidad se ve no únicamente como una herramienta de integración social y método de inclusión sino, como elemento capaz de potenciar comportamientos positivos en los trabajadores, y por esto ser considerado un recurso[22].

También enfocándose en el Job Crafting, Brucker y Sundar [13] resaltan en su trabajo el potencial de esta herramienta, lo ventajoso que puede ser en el ámbito de inclusión de la discapacidad y analizan su extensión. Mediante encuestas a población objetivo (trabajadores por al menos 1 año entre 18 y 64 años de edad con algún tipo de discapacidad) intentan responder dos preguntas de investigación. Sus resultados indican que trabajadores con discapacidad participan de actividades de Job Crafting pero en menores niveles que la población en general. Además, se advierten niveles bajos en la escala de Relational crafting pero niveles altos en el de Cognitive Crafting, concluyendo que trabajadores con discapacidad perciben niveles altos de significado personal en las actividades laborales.

En el artículo [58] se analiza cómo una persona con discapacidad física u orgánica puede percibir discriminación por el rol que tiene en el puesto de trabajo. Se conceptualiza una forma de discriminación como una actividad o situación aparentemente normal que eventualmente ocasiona un impacto negativo sobre una persona. A partir de eso surge el concepto de percepción de la discriminación, cuando un individuo considera ser tratado diferencialmente e injustamente por cierta característica. Dentro del trato diferencial, se enfoca en la justicia organizativa, entendiéndose como la percepción de imparidad en una organización. Se plantea que existen tres tipos de justicia organizativa:

- Justicia distributiva: implica la relación que existe entre el aporte que percibe de la organización y el impacto que genera.
- Justicia procedimental: hace referencia a la igualdad en la forma de asignación de las tareas y la forma en la que se toman estas decisiones.
- Justicia interpersonal: refiere al trato recibido por las distintas personas dentro de la organización.

El artículo se centra en la justicia distributiva, ya que entiende que es de dónde surge la percepción de discriminación. Específicamente, cuando las decisiones de asignación están basadas en factores independientes a requerimientos profesionales o de performance. Es importante generar un ajuste entre las características y requerimientos del trabajo y las expectativas del trabajador de manera de que estén alineados para no generar una desmotivación. De aquí nace la importancia que tiene la correcta asignación de un puesto de trabajo a la persona para que se ajuste a las características del puesto y no exista un posterior conflicto. Por otro lado, el artículo hace referencia a cómo, en la mayoría de las empresas no se diseñan los puestos de trabajo de forma de que puedan admitir a personas con discapacidad, lo que termina en insatisfacción y baja productividad por parte de las mismas.

En personas que presentan una discapacidad, aunque hayan logrado ingresar en el mercado laboral, pueden percibir esta discriminación en la asignación de sus puestos laborales, ya que los mismos no están adaptados a sus perfiles: capacidades, formación, habilidades. Si a su vez, consideran que sus compañeros sin discapacidad obtienen puestos mejores ajustados a sus características, se genera una percepción de inequidad que resulta en una discriminación.

De modo de caracterizar los puestos de trabajo se definen las siguientes variables:

- Complejidad: El grado de dificultad de las decisiones que son necesarias tomar por el empleado.
- Autonomía: La medida de la independencia y libertad en la realización de distintos procedimientos
- Variedad: Cantidad de operaciones diferentes que implica la tarea.

En puestos de trabajos en donde las características de los mismos no se ajusten a las expectativas del trabajador, se genera insatisfacción, lo que impacta en una baja productividad.

A modo de entender estas características en situaciones reales, el artículo realiza una encuesta a 459 personas con discapacidad física y orgánica que se encuentran asociadas a federaciones en Andalucía y que han estado trabajando en los 5 años anteriores a la realización de la misma. Las distintas preguntas debían ser contestadas con un número del 1 al 5, con un total de 26 preguntas. El objetivo era medir las siguientes variables: percepción de la inequidad, percepción de la discriminación e insatisfacción.

Los resultados obtenidos confirman las distintas hipótesis planteadas. En primer lugar que las personas con discapacidad perciben discriminación en la asignación de los puestos de trabajo, como consecuencia de la inequidad. En segundo lugar, consideran que son tratados de manera diferente por tener ciertas características, lo que tiene como consecuencia la insatisfacción de estas personas dentro de las organizaciones. Por último, se concluye que existe una relación entre la discriminación en el diseño del puesto de trabajo, tanto en la complejidad, autonomía y variedad lo que lleva a una percepción de discriminación.

Unos años más adelante, continuando en esa línea de investigación, los mismos autores, en el artículo [59] plantean un modelo que relaciona la inequidad percibida, la discriminación percibida por discapacidad y la insatisfacción laboral. Utilizan para ello el marco teórico de justicia organizacional que refiere a la percepción de cosas justas según los miembros de una organización. Parten de que la inequidad se origina de una comparación desfavorable entre lo que un empleado otorga a la empresa y lo que la empresa le da a cambio, y no por discriminación hacia personas con discapacidad, considerando este término como acciones negativas hacia un individuo debido a sus capacidades, condiciones, género, raza.

Luego de un análisis estadístico mediante muestreo y cuestionarios se validan las siguientes proposiciones:

- La percepción de discriminación es por percepción de inequidad en oportunidades de desarrollo profesional

- Tanto la discriminación como la inequidad se reflejan en insatisfacción laboral

Un aspecto interesante de este estudio es que no fue posible confirmar que exista una situación de doble desventaja para una mujer con discapacidad. Tampoco se encontraron diferencias con respecto al efecto de la edad y al nivel educativo en los resultados de cómo se percibe la inequidad y la discriminación.

El artículo [9], por su parte, muestra como la educación, el sexo, y la edad están asociados a menores oportunidades laborales. Además, resulta interesante analizar cómo varían las oportunidades según el tipo de discapacidad que enfrentan los individuos. Este artículo desprende resultados, que si bien se deducen de encuestas realizadas en Suecia, se entiende que pueden ser aplicables al resto de las sociedades. Los resultados mostraron que las personas con discapacidades auditivas tenían mayor probabilidad de estar empleadas, mientras que aquellas con discapacidades psicológicas eran las menos propensas a estarlo.

## 4.2. Análisis cualitativos

Mientras los estudios anteriores se basan en aspectos cuantitativos del desarrollo profesional de personas con discapacidad, Barclay y Markel [7] realizaron un análisis cualitativo en base a casos de éxito de integración laboral. El análisis consistió en entrevistas a trabajadores que se auto percibían como discapacitados y a partir de las mismas se buscaron patrones y puntos de comparación, llegando a una conclusión clara del rol preponderante de la técnica “job crafting” en el desarrollo profesional, complementando las ya comentadas anteriormente sobre esta técnica.

Entre las conclusiones se menciona que el entorno debe colaborar con el job crafting, brindando independencia a los trabajadores, delegando toma de decisiones y manteniendo una relación directa, clara y transparente con las discapacidades de los trabajadores. La experiencia de la persona con discapacidad tiene mucho que aportar al ambiente laboral desde lugares que a priori no son identificables ya que puede aportar visiones diferentes, metodologías adaptables y experiencia en resiliencia, como algunos ejemplos. Los autores insisten en las ventajas de un uso de políticas de recursos humanos flexible y adaptable, con contratos idiosincráticos, que brinden oportunidades de modificación y adaptación de las tareas, relaciones y actividades de un individuo dentro del ámbito laboral.

Es importante destacar que los trabajos que mencionan el job crafting [7, 22, 13], ya sea cuantitativamente o cualitativamente, son del 2020 y 2022, y resaltan la poca investigación previa sobre job crafting aplicada al empleo de personas con discapacidad.

Por otro lado, Baquero et al [6] en su documento plantea un marco analítico donde la discriminación laboral puede clasificarse en:

- Discriminación salarial: ante mismas condiciones de productividad la remuneración es desigual.
- Discriminación en el empleo: se da cuando las tasas de desempleo son mayores para un grupo de trabajadores.

- Discriminación ocupacional: cuando las condiciones de empleo más desventajosas, por ejemplo empleos de baja categoría, distintas condiciones horarias y flexibilidad, se presentan en mayor proporción para un grupo de trabajadores.
- Discriminación en la adquisición de capital humano: ocurre cuando existen limitaciones al acceso a la formación, educación, capacitación y entrenamiento generando una disminución en la calificación y productividad.

Cabe destacar que estos autores tienen un enfoque hacia la discriminación de género, sin embargo, los criterios son aplicables en distintos ámbitos y en particular en la discriminación laboral de personas con discapacidad. Desde una perspectiva económica, Navarro, Guerrero y Viana [39] analizan distintos aspectos de la sociedad como la salud, la educación y la pobreza, de forma interrelacionada y establecen su influencia en la vida de las personas con discapacidad en general, su desempeño laboral o productividad. Esto influye fuertemente en la generación de ingresos y en la pobreza. Si bien destacan que discapacidad y salud no tienen porqué estar relacionados, sí encuentran una fuerte estrechez en cómo influyen en la vida laboral de las personas. Mencionan la generación de un círculo vicioso en el que el desempleo, la pobreza, la educación y la discapacidad se ven inevitablemente vinculados. Haciendo referencia a la clasificación de discriminación laboral de Baquero et al [6] concluyen que las personas con discapacidad se ven afectadas por cada uno de estos tipos de discriminación.

En el artículo [4] se discute acerca de la aplicación de la estrategia del océano azul (EOA) para contratar e integrar trabajadores con discapacidades en centros de distribución.

Estas estrategias proponen un enfoque empresarial que busca crear nuevos mercados y oportunidades de crecimiento al encontrar espacios inexplorados y no competitivos en la industria. Se opta por no competir en mercados saturados y disputados (océano rojo), buscando crear un nuevo espacio de mercado donde no haya competencia directa; esto es posible mediante la innovación y la creación de valor para los clientes, ofreciendo productos o servicios únicos y diferenciados.

Ante la escasez de mano de obra, las respuestas automáticas y tradicionales influyen en el aumento de los salarios y/o la implementación de procesos automatizados, sin embargo no son suficientes. En este sentido, el artículo plantea la posibilidad de contratar de manera proactiva a trabajadores con discapacidad.

El artículo proporciona una visión general de empresas que han implementado con éxito la EOA en la contratación de trabajadores con discapacidad y discute prácticas efectivas para asociarse con agencias de servicios para discapacitados. Uno de los ejemplos que se menciona es el de la empresa estadounidense Walgreens, que ha sido reconocida por su liderazgo en la inclusión de personas con discapacidad. Ellos implementaron programas de contratación proactiva de trabajadores con discapacidad y han obtenido resultados positivos en términos de productividad y lealtad de los empleados. La creación de un entorno de trabajo inclusivo y la inversión en procesos de desarrollo han sido claves para facilitar la integración y productividad de los trabajadores con discapacidad.

Otras empresas, tales como Procter & Gamble, Lowe's y OfficeMax, han implementado

programas para contratar a trabajadores con discapacidad y han tenido éxito. Dichos programas de capacitación previa al empleo ayudan a la contratación y asimilación de trabajadores con discapacidad. Los programas contaron con las siguientes etapas:

- Evaluación de la preparación para el empleo: permite evaluar la preparación de los trabajadores con discapacidad para el empleo, identificando sus habilidades y necesidades específicas.
- Entrenamiento en habilidades laborales: brinda a los trabajadores con discapacidad la oportunidad de adquirir y desarrollar habilidades laborales específicas necesarias para el desempeño de sus funciones.
- Simulación de entornos de trabajo: creación de espacios de trabajo simulados que permiten a los candidatos con discapacidad practicar las tareas que realizarán en el empleo real. Esto les brinda la oportunidad de familiarizarse con el entorno y las responsabilidades laborales antes de comenzar su empleo.
- Apoyo durante la transición: brindar apoyo continuo a los trabajadores con discapacidad durante su transición al empleo. Esto puede incluir proporcionar información sobre las necesidades de aprendizaje y estilos de trabajo de los empleados a sus nuevos supervisores, así como ofrecer módulos de inclusión de discapacidad y capacitación de actualización para los supervisores y entrenadores de calidad.

Estos programas de capacitación previa al empleo ayudan a los trabajadores con discapacidad a adquirir las habilidades necesarias para el empleo, facilitando su integración exitosa en el lugar de trabajo y mejorando sus oportunidades de empleo a largo plazo.

Por otro lado, en el artículo [3] se introduce la discapacidad como una ventaja competitiva a la hora de enfrentarse a cierto trabajo o tarea no solo para la persona que la realiza sino para la empresa por los siguientes motivos:

- Las discapacidades a menudo confieren talentos únicos que hacen que las personas sean mejores en trabajos específicos. Para ejemplificar, se hace referencia a distintos estudios que han investigado el autismo, a personas que pueden realizar las tareas de forma más detallista, sin equivocarse y sin perder el foco de la tarea por un mayor período de tiempo.
- La presencia de empleados con discapacidad mejora la cultura de toda la organización, fomentando la colaboración y aumentando la productividad. Al poder visualizar otras formas de trabajo distintas a las habituales genera una expansión en el universo de trabajo, potenciando los distintos equipos.
- Una reputación de inclusión mejora la propuesta de valor de la empresa ante los clientes, quienes se vuelven más propensos a establecer relaciones a largo plazo con la compañía. Se menciona como muchas empresas reclutan a personas con discapacidad por la situación legal y no toman en cuenta la empatía que se genera en los clientes al ser recibidos por diferentes personas con discapacidad en la organización. Se

menciona el hecho de una cadena de cafeterías holandesa *Brownies&downies (B&D)* muy exitosa, quienes atribuyen su reconocimiento al hecho de que es atendida en su mayoría por personas con espectro autista y como esto ha generado la fidelización y conexión de sus clientes; llegando a competir con grandes cadenas de cafeterías como Starbucks.

- Ser reconocido como socialmente responsable brinda a la empresa una ventaja en la competencia por capital y talento. En los últimos años, con las nuevas generaciones ha tomado mucha importancia la responsabilidad social empresarial y como los jóvenes no solo tienen en cuenta un producto sino como y quién lo produce.

A lo largo del artículo se muestra el hecho de que contratar a personas con discapacidad es una decisión inteligente, que puede llevar a un mejor desempeño y creatividad en las empresas. Así como también la relación que existe entre el éxito de un equipo y la cantidad de personas con distintas habilidades.

## 5. Diseño Universal

El Diseño Universal es el proceso de crear herramientas, productos, lugares de trabajo, que sean utilizables por la mayor cantidad de personas posibles con una amplia diversidad de capacidades. Es un diseño adaptable, flexible, amplio que contempla todo tipo de diferencias. El término es utilizado por primera vez en 1985 por Ronald Mace, pero el concepto surge en la década de los sesenta con un foco en la inclusión de personas con discapacidad, aunque actualmente se puede decir que es un diseño del cual la sociedad como tal, en su sentido más amplio, puede verse beneficiada.

Dentro del marco laboral, el Diseño Universal juega un rol muy importante tanto para el diseño físico del lugar de trabajo, como el diseño del rol y las tareas a desempeñar. Un diseño del puesto que no se ajuste a la persona y que no reúna determinadas características es fuente de desmotivación, insatisfacción y baja productividad de los recursos humanos.

Analizando la literatura se pueden encontrar defensores del Diseño Universal que basan sus estudios y reflexiones en sus principios [28, 63, 21, 19, 55], y otros autores un poco más críticos, que aunque resaltan la importancia del Diseño Universal y el impacto positivo sobre la sociedad que ha tenido, plantean que hay aspectos cuestionables que pueden ser complementados o cubiertos mediante otros enfoques [20, 49]

En esta sección primero se describirán los principios del Diseño Universal y luego se mostrarán las posturas de los distintos autores mencionados. Finalmente se mencionan algunos aspectos técnicos y normativos.

### 5.1. Principios del Diseño Universal

El Diseño Universal se basa en siete principios [38]. Estos principios fueron desarrollados por un grupo multidisciplinar de profesionales en 1997 y el objetivo de los mismos es que sirvan de guía y parámetro de comparación para la evaluación de la usabilidad y adaptación de los diseños. Los principios en cuestión son:

- Uso equitativo
- Flexibilidad en el uso
- Simple e intuitivo
- Información perceptible
- Tolerancia al error
- Bajo esfuerzo físico
- Espacio y tamaño adecuado para el uso

Otro aspecto a tomar en cuenta, aunque no incluído en los principios de Diseño Universal es la inclusión en el proceso de diseño de las personas con impedimentos. Al respecto, en el trabajo [21] se destaca la importancia del diseño conjunto con los usuarios con impedimentos involucrándose en todas las etapas de diseño para un diseño efectivo y satisfactorio.

Su trabajo está centrado en soluciones de salud digitales pero es perfectamente escalable a cualquier tipo de solución que se enfoque en el uso para personas con impedimentos. Es importante aquí la distinción entre discapacidad e impedimento, ya que los autores hacen énfasis en cómo el entorno incide en que un impedimento se convierta en discapacidad.

Por otro lado, el artículo [19] refuerza la importancia de introducir el concepto de Diseño Universal, junto con sus principios en distintos cursos enfocados a todos aquellos estudiantes de secundaria, que en un futuro pueden ser quienes estén involucrados en el diseño de un espacios arquitectónicos. La sigla AWARD, refiere a Accessible World for All Respecting Differences, haciendo referencia a la diferencia entre el concepto de inclusión e integración. Se define inclusión, como el concepto de que cualquier individuo con discapacidad puede ejercer los mismos derechos que cualquier persona, por otro lado, integración implica generar los distintos espacios adaptados para que las personas con discapacidad desempeñen las distintas actividades o tareas con fluidez. Para esto, se creó una aplicación, con distintos módulos de enseñanza divididos según las distintas áreas de discapacidad para poder instruir a los estudiantes con las consideraciones que se deben tener para poder diseñar un espacio accesible.

## 5.2. Diseño Universal en los lugares de trabajo

En la literatura analizada se plantea la dificultad de poner en práctica en su totalidad los conceptos del Diseño Universal. Al respecto Miralles et al [28] plantean que la inclusión total es difícil de alcanzar quizás imposible de considerar, pero minimizar la exclusión es una meta más razonable y alcanzable. Además, Zolna et al. [63] plantean que el Diseño Universal no evitará que existan adaptaciones específicas en los lugares de trabajo, sino que hará de los lugares de trabajo un lugar donde estas adaptaciones sean fluidas y fáciles de adoptar. En ambos trabajos los autores demuestran una intención de aplicar los conceptos pero más como inspiración y punto de partida que como un diseño aplicable.

### 5.2.1. Aplicaciones prácticas

Zolna et al.[63] realizan una búsqueda de estrategias de intervención en los lugares de trabajo para personas con dificultad de movilidad y a partir de lo encontrado, las clasifican en las siguientes cuatro categorías:

- Tecnología de asistencia o Assistive technology (AT)
- Cambios físicos en el lugar de trabajo
- Ajuste de los requerimientos del trabajo (funciones, roles, descripción de cargos)
- Asistencia personal y/o capacitaciones

Es importante destacar que sobretodo en el caso de AT muchas de los cambios en el diseño de las herramientas o del espacio de trabajo no solo hacen posible la realización de tareas para la mayor cantidad de individuos, sino que también facilitan las tareas y aumentan la productividad en general.

Algo similar plantean Miralles et al [28] con el uso de Poka Yokes. El término Poka Yokes proviene del japonés *mistake-proofing* y es una técnica que consiste en implementar dispositivos de control, prevención o inspección en los equipos productivos. Su foco se encuentra en aumentar productividad a través de la simplificación de los procesos, muchas veces mediante cambios pequeños o adaptaciones que hacen que sean más eficientes o ayuden a minimizar errores. Lo positivo y aplicable de este método para la inclusión de la discapacidad se basa en que las adaptaciones son a las estaciones y no a los trabajadores y que la inversión aplica para toda la fuerza de trabajo y no para un individuo en particular.

Desde esta postura es que se plantea que el diseño accesible puede resaltar las diferencias entre los trabajadores, puede ser más costoso al largo plazo y generar roces en el ambiente laboral. Mientras que el Diseño Universal busca que los objetos puedan ser usados por la mayor cantidad de personas posible, adaptables, flexibles y simples, evitando muchos de los problemas del diseño accesible. Mediante un caso de aplicación práctica, se muestra como las técnicas de Poka Yokes permiten aplicar los conceptos de Diseño Universal de forma sencilla y eficiente.

Por otro lado, Serrano et al [55] plantean ciertos criterios universales que dan lugar al cuestionamiento a la hora de poder generar un ambiente accesible para todas las personas. De forma de poder definir estos criterios universales, realizaron un análisis de la normativa existente con el fin de verificar cuáles son los distintos principios de inclusión desde el punto de vista de la accesibilidad. A partir de esto es que diseñaron un instrumento cuyo objetivo es poder brindar herramientas para unificar criterios generales del Diseño Universal, utilizando el método de escala bipolar de Likert. La herramienta cuenta con un cuestionario de preguntas en donde la persona que inspecciona el lugar debe responder de forma positiva, neutral o negativa a la pregunta.

Como el artículo está enfocado principalmente en los centros de educación, la herramienta considera tres aspectos: accesibilidad en la Institución, accesibilidad en los parkings y accesibilidad en la circulación y espacios internos; con un total de 50 preguntas. La principal ventaja de esta herramienta es que cualquier persona puede realizar este cuestionario, asegurándose de que se realizó un análisis sobre todos los puntos que se deben cumplir para que cualquier persona con cierta discapacidad pueda acceder al centro educativo sin inconveniente, sin dejar ningún punto olvidado. A su vez, facilita la posibilidad de realizar una evaluación sobre qué tan accesible es un lugar actualmente según el resultado que brinda la herramienta.

### 5.3. Post Diseño Universal

Elizabeth Guffrey [20] plantea el Post Universal Design como una continuación y una mejora del Diseño Universal, sobretodo considerando que mucho de lo que hay en el Diseño Universal está basado en la “cara bonita” empresarial y existe de fondo discriminación o prejuicio de la discapacidad. Lleva el tema más allá y se cuestiona la definición o conceptualización de la discapacidad y cómo la sociedad interpreta el concepto de habilidad, capacidad e impedimento.

Plantea cinco palabras clave para entender hacia dónde se dirige el Diseño Universal y

por qué:

- **Inadaptación (Misfitting):** considerando la discapacidad como una construcción social, se puede decir que la misma existe en la medida que se considera.
- **Iniciado por usuario (User-Initiated):** empoderamiento de la persona con discapacidad, no esperar que se diseñe para ellos sino tener herramientas para modificar su entorno. Diseño desde la discapacidad, ya que saliendo de la necesidad hay un montón de caminos inexplorados.
- **Customización masiva (Mass Customization):** mientras que el Diseño Universal busca que productos usados por discapacitados puedan ser útiles para el resto, el foco del post Diseño Universal está en soluciones flexibles que se adapten a distintas necesidades. El diseño tecnológico es un gran aliado en el post Diseño Universal, por ejemplo páginas web que pueden elegirse tamaños de fuente, colores de fondo, lectura del texto, etc.
- **Dispositivo de asistencia para discapacidades (Disability Dongle):** este término plantea que existen un montón de dispositivos tecnológicos, quizás demasiado costosos o de difícil acceso que en verdad no dan una solución real a las necesidades de los usuarios y son simplemente un medio de demostrar que es posible hacer algo, pero de esa manera también se está discriminando ya que implican una concepción de necesidad de asistencia (assistive pretext: se refiere a la idea de que la ayuda o la asistencia a las personas con discapacidades es una carga o una obligación para la sociedad, en lugar de un derecho).
- **Especulación crítica (Critical Speculation):** cómo el diseño enfocado en la discapacidad puede ayudar a la creatividad y potenciar nuevas ideas.

Anteriormente Porter y Kramer, en su artículo [49] de 2006, ya habían planteado la necesidad de las empresas, gobiernos y organizaciones de centrarse en una integración social corporativa y no en potenciar la responsabilidad social corporativa. Lo que Porter y Kramer plantean en definitiva es buscar los puntos de beneficio común entre la organización y la sociedad y tomar un enfoque estratégico de RSE generando una relación simbiótica entre las empresas y la sociedad, generando valor compartido. Su planteo es general pero es fácilmente asociable con el concepto de inclusión de discapacidad en el entorno laboral y la especulación crítica de Guffrey [20].

#### 5.4. Barreras arquitectónicas y normativa del Diseño Universal

La seguridad es esencial en la accesibilidad, ya que una solución sin seguridad no es verdaderamente accesible. Este concepto está ligado a la ergonomía, que optimiza las interacciones entre personas, entorno y elementos. Las barreras arquitectónicas limitan la participación plena de personas con discapacidad, lo que afecta su igualdad en la sociedad. La accesibilidad se aplica a todas las personas, considerando la diversidad y las limitaciones

a lo largo de la vida, como edad, actividad y discapacidad. Esto incluye situaciones que requieren atención especial o adaptaciones individuales.[56]

La búsqueda del concepto de *accesibilidad*, desencadenó en la interiorización del término *barreras arquitectónicas*. Este se utilizó para identificar y dar nombre a las limitaciones en el entorno físico que requerían ser eliminadas, ya que se convertían en obstáculos que dificultaban o impedían que las personas con discapacidad pudieran interactuar con su entorno social, utilizar sus espacios y relacionarse con otras personas. En el artículo [52], los autores introducen el concepto de barreras arquitectónicas como, aquellos impedimentos físicos que generan una dificultad en la integración de las personas con cierta discapacidad física o motriz en un entorno social. Reconocemos dos tipos de barreras arquitectónicas entre ellas están:

- A nivel urbano.
- A nivel puntual en la construcción.

A nivel urbano son aquellas que se encuentran en la vía y espacios públicos: veredas, pasos a distinto nivel, obstáculos, parques no accesibles. A nivel de la construcción, se refieren a las barreras físicas presentes en cada edificación, ya sea en su interior o en los accesos. Estas incluyen elementos como escalones, pasillos y puertas estrechas, ascensores de dimensiones reducidas y servicios de tamaño reducido, entre otros.

A lo largo de los años, se intentó que estas barreras fueran mitigadas debido a que segregan y excluyen total o parcialmente a las personas con movilidad reducida, lo cual es resultado de que las edificaciones no fueron originalmente diseñadas considerando a personas con discapacidad. Los problemas más comunes suelen estar relacionados con la presencia de escaleras, ya que en ocasiones por falta de presupesto o adaptación no se consideró la colocación de una rampa u ascensor. Además, en muchas ocasiones, incluso aún existiendo estas soluciones, no cumplen con las medidas adecuadas para acomodar el espacio requerido por una silla de ruedas.

Dentro de estos ejemplos en donde se generan barreras arquitectónicas que imposibilitan la accesibilidad para las personas con discapacidad, encontramos a los centros educativos. Numerosos entornos académicos no garantizan accesibilidad universal. La inaccesibilidad educativa es un factor común que desanima a perseguir la formación académica, ya que el impidiendo de acceder a servicios fundamentales tales como baños, salones y pasillos, imposibilita la asistencia a estos centros. Es un deber social garantizar que las personas con discapacidad puedan desplazarse en instalaciones educativas, ya que estas son, muchas veces, edificaciones públicas. Proporcionar accesibilidad en estos lugares es esencial para asegurar que todas las personas puedan participar en sus actividades académicas. Los diseños de centros educativos deben contemplar entornos amplios y sin obstáculos, desde la llegada al edificio hasta el interior, incluyendo mobiliario y accesorios.[55]

Las instituciones responsables de establecer las regulaciones relacionadas con la construcción y la calidad comenzaron a incluir en sus normativas todos aquellos elementos que contribuyen a generar inclusión mediante la eliminación de barreras arquitectónicas. En Uruguay, estas normativas se rigen a partir del Instituto Uruguayo de Normas Técnicas

(UNIT), en donde se describen las características que se deben respetar en una construcción para que pueda ser accesible y segura para toda la población.

Si bien existe un extenso detalle de la Norma para cada tipo de construcción y ambiente, sobre los requisitos que se deben tener en cuenta, a continuación se plantean algunos ejemplos: para garantizar el paso de una persona con silla de ruedas, se establece que el ancho de los pasillos debe tener un mínimo de 90 cm, debe contar con un espacio de giro de mínimo 120 cm, las rampas deben tener una inclinación de 1:2, entre otras. Para el caso de personas con discapacidades sensoriales de tipo auditivo es indispensable que se incluyan las señales visuales adicionales. Para facilitar el desplazamiento de las personas ciegas o de baja visión se requiere variación de textura y color que permitirá facilitar la percepción.

Comprender las barreras arquitectónicas a las que se enfrentan las personas con discapacidad, especialmente en relación a la movilidad, posibilitará su eliminación y fomentará la concientización tanto en la sociedad como en la industria de la construcción. Esta concientización permitirá que estemos más atentos de no generar diferencias con los demás y de la necesidad de crear entornos inclusivos.

## 6. Distribución de tareas

Como se mencionó al comienzo de este documento, uno de los objetivos del mismo es investigar los trabajos existentes que puedan ser utilizados para el posterior modelado de distribución de tareas con foco en la inclusión. En ese sentido y en base al artículo disparador de este análisis [26] es que se estudian los modelos de distribución de tareas. En la bibliografía analizada se encontró una presencia predominante de artículos referidos a líneas de ensamblaje, no encontrando a la fecha referencias a distribución de tareas con foco en la inclusión de la discapacidad en el área de servicios o tareas administrativas.

Se entiende por línea de ensamblaje un sistema de producción de manufactura en serie organizada en estaciones. Las piezas de trabajo que pueden ser materias primas, componentes o productos intermedios, se van trabajando en cada estación, agregándole valor, hasta la última donde se termina de ensamblar el producto final. Los trabajadores están asignados a una o varias estaciones (dependiendo los tiempos de trabajo) dónde deben hacer una tarea específica.

En esta sección se mencionan 33 artículos que tratan el problema de distribución de tareas con distintos enfoques. En primera instancia se hace referencia a los tipos de problemas existentes para asignación de tareas en líneas de ensamblaje, Sección 6.1, para ello se toma referencia de 3 artículos encontrados en la bibliografía. Luego se profundiza en el problema *Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem* o ALWABP, se detalla su formulación en la sección 6.2 y se presentan 12 trabajos existentes sobre su resolución tanto mediante heurísticas como con métodos exactos, sección 6.3. En un siguiente apartado, se exponen variadas adaptaciones y variantes al problema original expuestas en 17 artículos, sección 6.4, uno de los cuales también se menciona en la sección de tipos de problemas de Assembly Lines. Finalmente, se exponen dos trabajos que utilizan otras herramientas para afrontar el problema de distribución de tareas y se consideró relevante incluir, sección 6.5.

### 6.1. Tipos de problemas de Assembly Line

En el artículo [12] se describe un marco de referencia para clasificar el término Assembly Line Balancing (ALB) que agrupa modelos de optimización para el proceso de decisión de definir la capacidad de un sistema y la asignación de trabajo a unidades productivas. La primera formalización de ALB según los autores, se remonta a 1955 por Salveson, donde se define un modelo contemplativo y simplificado, por lo cual también se lo denomina simple assembly line balancing (SALB). Los autores afirman que existen variados estudios teóricos que contemplan distintas alternativas de este problema, todos comprendidos dentro de lo que denominan general assembly line balancing (GALB) pero que aún así existe una gran brecha entre la discusión académica y las aplicaciones prácticas.

Con el objetivo de disminuir esta brecha, los autores buscan enmarcar las distintas adaptaciones del problema y ordenar los tipos de estudios, clasificandolos según las siguientes tres criterios:

- Características del grafo de precedencia

- Características de las estaciones y las líneas
- Objetivos

Por último describen algunas características de los problemas de la vida real que pueden ser contemplados para disminuir esta brecha. Estas son: asignaciones dinámicas y cambios en las distribuciones de la línea; costos según recursos y no estaciones; secuenciación de tareas con influencia en múltiples tareas (no únicamente precedencia independiente entre dos tareas); múltiples líneas con dependencias complementarias; consideración del abastecimiento de material; estaciones de trabajo paralelas; y procesos alternativos.

De acuerdo con Alysson M. Costa y Cristóbal Miralles [17], se pueden dividir los problemas de asignación de tareas en líneas de ensamblaje en tres categorías, cada una de ellas más compleja:

- **SALBP**: Single Assembly Line Balancing Problem. Estos modelos contemplan precedencias en la ejecución de tareas, tiempos de ejecución de las mismas y cantidad de trabajadores, considerando a todos igual de eficientes, buscando asignar las tareas a los centros de trabajo. Se pueden diferenciar entre **SALBP-1** donde el objetivo está en minimizar las estaciones de trabajo y **SALBP-2** con un foco en minimizar el tiempo del ciclo. En el artículo [12] también se mencionan los casos donde tanto la cantidad de estaciones como el tiempo del ciclo son variables y se pueden diferenciar los problemas **SALBP-E** que buscan maximizar la eficiencia, y los **SALBP-F** que dado un número de estaciones y de tiempo de ciclo buscan un balance factible.
- **ALDP**: Assembly Line Design Problem. En esta categoría entran modelos más integrales que agregan restricciones de cantidad de recursos, tipos de recursos, costos y/o tiempos de los mismos.
- **ALWABP**: Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem. Propuesto por Miralles et al. [26], este modelo contempla trabajadores de variadas características que hacen que tengan un tiempo de ejecución distinto para cada tarea. De forma análoga al SALBP se distinguen **ALWABP-1** cuando se busca minimizar estaciones de trabajo y **ALWABP-2** cuando el foco es minimizar el tiempo del ciclo. Por lo general, el segundo es más aplicable en el contexto de inclusión laboral [26].

Cabe destacar para el objetivo de este informe, que el modelo ALWABP es planteado en el rubro de los Centros Especiales de Empleo (CEE), centros especializados para inserción laboral de personas con discapacidad. Los CCE buscan ser un centro de entrenamiento y adaptación y a la vez ser competitivos en el mercado, objetivos contrapuestos a primera vista pero que se pueden compatibilizar mediante el uso de herramientas de gestión multi-enfocadas o multi-objetivos[17].

Es importante resaltar que el ALWABP-2 no busca minimizar trabajadores, sino que trabaja con una cantidad fija de trabajadores con determinadas características que le permiten, o no, realizar determinadas tareas en determinado tiempo. No es un modelo solo aplicable a personas con discapacidad sino que es sumamente integral y realista, en el sentido de que no existen dos personas iguales, con iguales rendimientos y posibilidades.

Algunos factores que pueden ser contemplados son: preferencias, recomendaciones médicas, capacidades, limitaciones, entre otros, como se detalla en el trabajo [26].

## 6.2. Formulación del modelo ALWABP

A continuación se presenta la formulación del modelo tal y como se expone por Miralles et al.[26]:

$$\text{Min } C \quad (1)$$

s.a.

$$\sum_{h \in H} \sum_{s \in S} x_{shi} = 1; \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{s \in S} y_{sh} \leq 1; \quad \forall h \in H \quad (3)$$

$$\sum_{h \in H} y_{sh} \leq 1; \quad \forall s \in S \quad (4)$$

$$\sum_{h \in H} \sum_{s \in S} s \cdot x_{shi} \leq \sum_{h \in H} \sum_{s \in S} s \cdot x_{shj}; \quad \forall i, j \in D_j \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} p_{hi} \cdot x_{shi} \leq C; \quad \forall h \in H, \forall s \in S \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N} x_{shi} \leq M \cdot y_{sh}; \quad \forall h \in H, \forall s \in S \quad (7)$$

$$\sum_{s \in S} x_{shi} = 1; \quad \forall (i, h) \in A \quad (8)$$

$$y_{sh} = 1; \quad \forall (s, h) \in Z \quad (9)$$

donde :

$$M > \sum_{h \in H} \sum_{i \in N} p_{hi}$$

Donde se utiliza la notación mostrada en la Tabla 1:

Notación	Descripción
$i, j$	Tareas
$h$	Trabajadores
$s$	Estaciones de Trabajo
$N$	Conjunto de tareas
$H$	Conjunto de trabajadores
$S$	Conjunto de estaciones de trabajo
$A$	Conjunto posible de asignación tarea-trabajador $(i, h)$
$Z$	Conjunto posible de asignación estación de trabajo-trabajador $(s, h)$
$C$	Tiempo de ciclo
$p_{hi}$	Tiempo de ejecución de la tarea $i$ para el trabajador $h$
$D_j$	Conjunto de tareas a ejecutar luego de la tarea $j$
$x_{shi}$	Variable binaria que toma el valor 1 si la tarea $i$ es asignada al trabajador $h$ en la estación $s$
$y_{sh}$	Variable binaria que toma el valor 1 si el trabajador $h$ está asignado en la estación $s$

Tabla 1: Notación del problema ALWABP

### 6.3. Resolución del ALWABP

#### 6.3.1. Algoritmos exactos

El problema ALWABP aunque clasificado como NP-Hard, puede ser resuelto en tiempos de ejecución razonables. Casi en conjunto con la proposición de este problema, los mismos autores presentan algunos procedimientos Branch and Bound (algoritmos de ramificación y acotamiento), expuestos en [27]. Presentan tres estrategias de búsqueda y ramificación de nodos, que son: Depth First Search with Complete node development (DFSC), Best First Search (BFS) y Minimal Lower Bound (MLB). Además, estudian para cada una de estas estrategias, la variación al aplicar distintas direcciones de búsqueda y distintas reglas de prioridad a la hora de seleccionar nodos. Para la validación de estos algoritmos, debido a la poca investigación previa, los autores debieron crear escenarios de testeo. Los resultados experimentales mostraron que DFSC era la mejor estrategia, por lo general con dirección reversa en la búsqueda, salvo para grandes números de trabajadores donde con derecho o reverso se obtuvieron resultados muy similares. Luego del análisis de estos algoritmos, se plantea el uso de heurísticas para obtener resultados prácticos, y para ello se modifica el procedimiento DFSC evitando algunas visitas y diversificando el espacio de soluciones (aunque no se obtengan resultados óptimos) obteniendo una heurística multipaso que evaluada en escenarios prácticos muestra resultados útiles y de calidad.

En 2014, Vilá y Pereira [60] proponen un algoritmo de Branch and Bound and Remember (BBR), es decir que además de las características de ramificación y acotamiento presentadas anteriormente agregan un procedimiento de memoria en el algoritmo para evitar generar soluciones equivalentes en la búsqueda, haciéndola más eficiente. El trabajo

se basa principalmente en la relación del problema con el SALBP y utiliza este método de BBR que previamente había sido implementado de forma similar para resolver de forma exacta el problemas de tipo SALBP. El método está enfocado en las estaciones de trabajo, y aplica una estrategia de búsqueda mixta (profundidad y anchura) de ciclos en ALWABP-F primero y luego, mediante su aplicación iterativa permite resolver instancias del ALWABP-2. Al probar computacionalmente el uso de este método se obtienen resultados satisfactorios con buena calidad de soluciones.

El mismo año Borba y Ritt [10] presentan un nuevo modelo de programación lineal entera, basándose en que es suficiente asignar tareas a trabajadores y garantizar que el grafo a través de los trabajadores es acíclico, para resolver el problema. Para ello, introducen dos variables binarias que permiten: relacionar si un trabajador hace una tarea y si un trabajador realiza la tarea después del otro. Para resolver esta nueva versión del modelo, los autores primero exploran la búsqueda de límites inferiores y superiores del problema mediante distintos métodos de relajación y heurísticas. A partir de los mismos desarrollan una heurística que busca resolver el problema ALWABP-F con tiempos cortos de ciclo. La misma se basa en un método de búsqueda de intervalo de ciclos, concatenado de una búsqueda local mediante la cual se obtienen los ciclos iniciales de la heurística. Luego, a partir de las soluciones factibles se realiza una búsqueda de haz (beam search) para generar las asignaciones de tareas y trabajadores. Finalmente, a partir de los resultados de esta heurística los autores plantean un método exacto Branch and Bound para solucionar el problema. El mismo parte de la solución de la heurística y mediante una estrategia orientada a las tareas (no a los trabajadores que implicaría muchas instancias de ramificación, ni a las estaciones como en el algoritmo BBR mencionado anteriormente) verifica que esta solución sea la óptima. Si no lo es, el algoritmo procede con una búsqueda en profundidad para hallar nuevas candidatas.

Los autores realizan pruebas computacionales y demuestran que el método es efectivo, además lo comparan con el BBR de Vila and Pereira[60], concluyendo que ambos métodos son tanto competitivos como complementarios ya que el BBR es más rápido pero está limitado por la memoria para probarse óptimo, mientras que el nuevo puede probar optimalidad independientemente a la memoria.

Hasta aquí se presentan los artículos que mencionan métodos exactos para resolver el problema ALWABP. Estos métodos son útiles para validar distintas resoluciones y demostrar la validez de las mismas. Sin embargo, conllevan grandes esfuerzos computacionales e implican bastante tiempo. Es por esto que varios autores se han detenido en analizar las posibles resoluciones del problema mediante heurísticas o metaheurísticas que aportan mayor practicidad y eficiencia a la búsqueda de resultados, como se verá a continuación.

### 6.3.2. Métodos heurísticos y metaheurísticos

Se han propuesto varios métodos heurísticos para la resolución del problema ALWABP, estos métodos buscan minimizar los tiempos computacionales, buscando soluciones próximas al óptimo aunque no necesariamente el mismo. En la literatura encontramos distintos tipos de métodos, entre ellos: Búsqueda Tabú, Búsqueda de Haz, algoritmos genéti-

cos, heurísticas constructivas en base a prioridad, optimización de colonia de hormigas, y búsqueda de vecinos variables.

En 2007, Chavez, Lorena y Miralles [14], validan el método metaheurístico híbrido llamado Clustering Search (CS). El mismo se basa en una búsqueda metaheurística (SM), un agrupamiento iterativo (IC), un módulo analizador (AM) y un buscador local (LS). Cabe destacar que para este trabajo se crearon instancias de testeo que luego son utilizadas y referenciadas por la mayoría de los autores trabajando con el AWALBP, consisten en cuatro familias de datos de distintos tamaños denominados Roszieg, Heskia, Tonge y Wee-Mag.

Más adelante, en 2009, los mismos autores, presentan en su artículo [15] mejoras a este método, haciéndolo más eficiente, robusto y de uso más amigable. Para esto implementan una perturbación aleatoria y un control de la eficiencia en la heurística de búsqueda local. Además, detallan de forma más ordenada, detallada y sencilla el modelo para que sea más sencillo de aplicar. Definen de forma detallada los clusters como  $C = (c, v, r)$  con  $c$  el centro del cluster, representando a una solución;  $v$  el volumen de soluciones agrupadas en el cluster y  $r$  el índice de ineficiencia. Mediante experimentos computacionales concluyen que el método es competitivo para resolver el ALWABP y que cumple de forma satisfactoria el evitar aplicar búsqueda local para todas las soluciones de la metaheurística, encontrando regiones de búsqueda confiables.

También en 2009, Moreira y Costa en su artículo [32] plantean que el método de Clustering Search, aunque es eficaz, puede ser complejo de entender e incluso de implementar perdiendo practicidad. Es en este marco que diseñan un algoritmo sencillo de búsqueda tabú, con el objetivo de buscar simplicidad, flexibilidad, precisión y por último rapidez. A lo largo de su artículo plantean la dificultad de perseguir estos objetivos que pueden ser contradictorios en cierto punto, y por ello es que se decantan por desarrollar una metaheurística, que consiste en un algoritmo de búsqueda Tabú. La lógica del mismo es probar soluciones vecinas en búsqueda de óptimos locales que en caso de no encontrarse se comienza de nuevo pero sin volver sobre algunos movimientos que se vuelven *tabú*. Las soluciones vecinas se definen según los siguientes tres criterios: cambiar una tarea de estación; intercambiar dos tareas entre dos estaciones; o intercambiar dos trabajadores entre dos estaciones. Además, se agregan penalizaciones a la función objetivo permitiendo no cumplir las restricciones y generando más iteraciones y por lo tanto mejores soluciones. Los resultados computacionales del algoritmo comparados con los de Clustering Search demostraron ser muy eficaces, para algunos conjuntos de datos incluso obteniendo mejores resultados y menores tiempos de ejecución.

En 2011 Blum y Miralles [8] introducen un nuevo algoritmo basado en Beam Search, búsqueda clásica de árbol, para el ALWABP-2, al que denominan *iterated beam search (IBS)*. Al igual que otros casos ya presentados, los autores se basan en un método anterior utilizado para el SALBP. El algoritmo parte de un límite inferior para un tiempo de ciclo y busca en una primera etapa identificar otro tiempo de ciclo inicial. Luego, en la segunda etapa este tiempo se va minimizando hasta que se encuentra un tiempo para el cual no hay solución factible. La primera fase se enfoca en la velocidad de resolución, mientras que la segunda en la calidad de la solución. Luego de realizar pruebas computacionales, los autores concluyen que con el método IBM se obtienen mejores resultados que con

cualquiera de los métodos anteriores en términos de calidad de solución e incluso es un algoritmo muy robusto en comparación con los anteriores.

Al año siguiente, en 2012, se presentan dos nuevas formas de resolver el problema de ALWABP-2 en el artículo [34]. En primer lugar, los autores desarrollan una heurística constructiva que establece se basa en una heurística anterior desarrollada para el SALBP por Scholl and Voß (1996). A la misma se le hacen varias adaptaciones sobretodo debido a que las reglas de prioridad se basan en su mayoría en los tiempos de ejecución, los cuales en ALWABP son variables según estaciones y trabajadores asignados a las mismas. La heurística desarrollada consiste en 16 reglas de prioridad para las actividades y 3 reglas para los trabajadores. Por otro lado, los autores presentan a partir de la heurística constructiva, un algoritmo genético de clave aleatoria sesgada híbrida (HGA). Se presentan varios experimentos computacionales con estos métodos obteniendo resultados competitivos con los de Clustering Search [14] y Tabú Search [32] y resultados comparables o mejores para el HGA, en especial para poca cantidad de trabajadores, donde se obtienen las mejores soluciones.

En 2013 Mutlu, Polat y Supciller [36] proponen otro método de resolución, el Algoritmo genético iterativo (IGA). El mismo consiste en tres estructuras distintas aplicadas secuencialmente para lograr una búsqueda más eficiente. La primera, S1, calcula el tiempo de ciclo, la segunda, S2, el orden de las tareas y la tercera, S3, asigna los trabajadores a las tareas. Los autores hacen un gran trabajo comparando su método con el CS (Clustering Search), TS (Tabu Search), IBS (iterated beam search), y el HGA (Hybrid genetic algorithm), mencionados anteriormente. Los resultados muestran que el IGA presenta muy buenos resultados para varias familias de problemas, siendo más efectivos para grupos con gran cantidad de trabajadores. Con respecto a la robustez, el método se muestra con los mejores resultados hasta ese año.

En 2015, los autores Sana Bouajaja y Najoua Dridi [11] exploran la utilización de un algoritmo ACO (Optimización de Colonia de Hormigas). Este algoritmo se basa en el comportamiento de dichos insectos para buscar el camino más corto desde su colonia a su fuente de alimento. Por lo general, esta técnica necesita una buena inicialización de parámetros y una solución inicial (o camino de hormiga). Luego, iterativamente se van construyendo nuevas soluciones hasta que se cumple determinado criterio de pausa. Es por esto que en el trabajo *Research on the optimal parameters of ACO algorithm for a Human Resource Allocation Problem* los autores buscan adaptar el algoritmo para el problema ALWABP y establecer buenos parámetros para asegurar la calidad de la solución obtenida. Sus resultados son preliminares, demostrando el impacto de la buena selección de los parámetros y motivando a futuras investigaciones.

Otra propuesta distinta fue presentada en 2016, en el trabajo [62] en la cual se utiliza un algoritmo evolutivo multiobjetivo (MOEA) para resolver el ALWABP. Los criterios de optimización en los que se enfocan son el tiempo del ciclo de trabajo y el índice de carga de la línea. Este último refiere a la distribución de trabajo entre las estaciones. Nuevamente los resultados experimentales resultan prometedores y asientan la base para futuros trabajos.

Finalmente, en 2016 Polat, Kalayci, Mutlu, y Gupta [48] proponen un algoritmo de búsqueda de barrio de dos fases variable (VNS) y muestran que su eficiencia y robustez

es superior a los otros métodos anteriores, experimentando con las mismas o similares instancias de datos. En la primera fase el algoritmo minimiza el tiempo de ciclo asignando tareas a estaciones de trabajo, mientras que en la segunda asigna los trabajadores a las estaciones de trabajo.

Del análisis de la literatura sobre métodos de resolución no exactos, podemos concluir que se ha prestado especial atención a desarrollar métodos variados y prácticos con el fin de brindar una herramienta aplicable para los gerentes de Centros Especiales de Empleo o cualquier otra empresa con fuerza de trabajo heterogénea. Los mejores resultados se obtuvieron con la VNS [48] y la búsqueda de haz que luego deriva en un método exacto de resolución [10].

#### 6.4. Alternativas a partir de ALWABP

A partir del primer modelo se disparan nuevas alternativas con distintos objetivos o con nuevas restricciones incorporadas a la formulación original. Con estas variantes se incorporan distintas realidades y se acerca el problema original a su aplicación práctica.

##### 6.4.1. Job Rotation

Una alternativa contemplada se presenta en el ya mencionado trabajo [17] donde basándose en que la rotación de empleo permite aprender mientras se trabaja, hacer la tarea menos tediosa y aumentar las capacidades del individuo, se busca adaptar el ALWABP original. Así, se logra integrar rotación de empleo y equilibrarla con la eficiencia productiva para lograr altos niveles de aprendizaje y rotación manteniendo la productividad. Para ello se agrega a la formulación ALWABP, una función objetivo que maximiza tareas y se agregan restricciones que limitan el ciclo para respetar la eficiencia de la línea. Para resolver este problema se utiliza un algoritmo (decomposition algorithm DA) que va solucionando subperíodos uno atrás del otro, con metodología greedy (estrategia de búsqueda de óptimos locales de forma iterativa para llegar a una solución general óptima). Finalmente, se demuestra que el algoritmo obtiene una buena respuesta y se define un parámetro  $R$  que su variación define qué tanto se inclina la balanza del trade off de eficiencia y el de rotación. Como conclusión, los autores argumentan que se podría llegar a contrarrestar la “pérdida de productividad” con un aumento de la misma debido a mejoras en el ambiente laboral y motivación y capacitación de los empleados.

Más adelante Moreira y Costa [33] proponen un algoritmo híbrido que utiliza programación entera mixta (MIP), al que denominan *hybrid algorithm for the job rotation scheduling problem with heterogeneous workers* (HAJR) para resolver el problema ALWABP con rotación de tareas. Consiste en tres etapas:

1. Una primera etapa de obtención de calendarios de trabajo de un solo período a través de una heurística. Los autores utilizan Constructive heuristics (CH) y Hybrid genetic algorithm (HGA)[34], una adaptación al Tabú Search [32] y una heurística greedy randomized adaptative search procedure (GRASP) adaptada para AWALBP por los autores. Se buscó con la utilización de estos cuatro métodos resultados de distintas características y además de buena calidad.

2. Una segunda etapa de selección de calendarios apropiados para una planificación de rotación, aquí se utiliza el problema de optimización con programación entera mixta. La idea del modelo es elegir calendarios que respeten las restricciones de compatibilidad y maximicen la diversidad de tareas.
3. Finalmente una tercera etapa de post optimización basada en una búsqueda local de *vecinos* a gran escala.

Se realizaron experimentos computacionales con una obtención primaria de 10.000 calendarios de trabajo en la primera etapa (ya que se consideró un buen equilibrio entre tiempo computacional y calidad de la solución). Se compararon los resultados con el DA mencionado anteriormente [17] obteniendo mejores soluciones, más eficientes en términos computacionales y con una metodología más escalables y flexible.

#### 6.4.2. Integración de personas con y sin discapacidad

En otra línea de investigación, Araujo, Costa y Miralles [5] proponen dos nuevas variantes al problema inicial que aunque complejizan el problema, le otorgan flexibilidad, adaptabilidad y practicidad. La principal motivación para generar estas dos variantes es la posibilidad de aplicar la herramienta de ALWABP a escenarios distintos a los CEE, donde quizás la proporción entre personas con y sin discapacidad sea muy desigual y por lo tanto nuevas estrategias deben ser incorporadas para contemplar y aprovechar la situación. En este marco es que plantean las siguientes adaptaciones:

1. Paralelización de estaciones de trabajo: permite integrar trabajadores con ritmos menores de trabajo sin perder eficiencia.
2. Asignación colaborativa: donde se puede asignar más de un trabajador a una tarea o estación de trabajo, complementando sus capacidades y participando en una misma actividad de forma colaborativa.

En el artículo plantean los modelos lineales para estos problemas y proponen procedimientos heurísticos de resolución que se aplican en los experimentos computacionales, luego de los cuales, los autores resaltan que la versión original del problema, modificando los datos de entrada, puede ser adaptable a situaciones de cualquier compañía pero que sin embargo, a través de las dos alternativas propuestas la eficiencia de la línea aumenta de forma significativa. Concluyen que estas versiones son especialmente beneficiosas para trabajadores con tiempos de ejecución de tareas muy diferentes y por lo tanto, contribuyen a la integración sociolaboral de personas con discapacidad en cualquier compañía.

Partiendo de la misma premisa de que los trabajos presentados hasta este punto se basan en su mayoría en el funcionamiento de los CEE y por lo tanto no refieren exactamente a inclusión laboral de personas con discapacidad, Moreira, Miralles y Costa [29] plantean un nuevo problema: Assembly Line Worker Integration and Balancing Problem (ALWIBP), donde el objetivo es mantener los niveles de productividad, minimizando la cantidad de estaciones de trabajo e integrando determinado número de trabajadores con discapacidad. El empleo es una forma de inclusión social y participación colectiva, y como

se ha mencionado anteriormente, existen distintas políticas según los distintos países para inclusión de personas con discapacidad, por lo general mediante porcentajes de participación. Basados en esto, es que presentan este modelo lineal (ALWIBP) y una extensión del mismo (ALWIBP-1Smin), así como también una heurística constructiva (denominada CIH) para resolverlos, contemplando de esta forma la situación de muchas empresas en las que un pequeño porcentaje de la fuerza laboral tiene algún tipo de discapacidad. Un punto interesante a considerar es que mientras la mayoría de los trabajos sobre ALWABP tienen un enfoque en el tipo 2 de la formulación (minimización del tiempo de ciclo), en este artículo se trabaja con la minimización de estaciones de trabajo, vinculado con el tipo 1 de la formulación. Cuando además del objetivo básico (minimizar estaciones de trabajo, integrar al número de trabajadores deseado y maximizar productividad), se busca minimizar los tiempos de espera en las estaciones de trabajo donde las personas con discapacidad están asignadas, con el objetivo de aumentar su participación y fomentar su motivación, es que aplica la extensión del problema y formulación de ALWIBP-1Smin. Mediante experimentos computacionales, los autores logran demostrar la eficiencia de la heurística propuesta y demuestran la validez de estas adaptaciones al problema original, sin mayores pérdidas de productividad.

Un par de años después, siguiendo esta misma línea de investigación, Moreira, Miralles, Pastor y Costa [30] extienden ambas formulaciones ALWABP y ALWIBP, para considerar la distribución de trabajadores en la línea. En esta distribución contemplan la heterogeneidad de trabajadores en su más amplia definición, aplicable a distintos niveles de experiencia, capacidades, preferencias, características personales y por supuesto a personas con discapacidad. Esta diversidad distribuida de forma equilibrada puede mejorar la motivación y eficiencia de la línea mediante aprendizaje de trabajadores más experimentados, tareas colaborativas y menores cargas de trabajo. Proponen una métrica para evaluar la distribución de trabajadores en la línea de ensamble, la linealización de este criterio mediante programación lineal entera mixta para encontrar las mejores configuraciones y dos heurísticas para resolverlo. Los resultados muestran que se pueden integrar trabajadores heterogéneos distribuidos de forma regular en líneas de ensamblaje sin mayores pérdidas de productividad, confirmando el objetivo.

#### 6.4.3. Entornos variables

Con respecto a los distintos escenarios que pueden presentarse en un entorno variable como es el de la fuerza laboral, se publica [31] que plantea que la incertidumbre de los tiempos de ejecución de las tareas debe ser contemplada para obtener resultados más adecuados que representen la realidad, más aún cuando se trabaja con grupos heterogéneos de trabajadores. Por lo tanto proponen dos modelos:

1. Robust assembly line worker assignment and balancing problem with the objective of minimizing the number of workstations (RALWABP-1)
2. Robust assembly line worker integration and balancing problem with the objective of minimizing the number of workstations (RALWIBP-1)

Luego, proponen una heurística, robust insertion constructive heuristic (RICH), y resuelven algunas instancias de datos, con resultados cercanos en un 4 % al óptimo y con tiempos rápidos de resolución.

Continuando en esta línea Jordi Pereira [44] trabaja sobre una versión del ALWABP que también considera intervalos de tiempos posibles para la ejecución de cada tarea. El objetivo, en este caso es, asignar tareas y trabajadores a estaciones minimizando el arrepentimiento máximo absoluto. Esto significa que entre el mejor escenario con esa asignación (en la que todos los trabajadores hacen su tiempo mínimo de ejecución en las tareas) y el peor escenario (en el que todos los trabajadores realizan las tareas en el tiempo máximo) la diferencia es la mínima posible. Al modelo le llaman MMR-ALWABP (min max regret assembly line and worker assignment balancing problem).

Por otro lado, considerando la variabilidad no de los tiempos de ejecución sino que la cantidad de trabajadores, se propone en el trabajo [53] de 2016, una extensión al problema original que minimiza el tiempo del ciclo bajo disponibilidad incierta. Las principales características de los CEE (aunque pueden encontrarse en otros escenarios) contempladas como fuentes de inestabilidad de la fuerza laboral son:

- Rotación de trabajadores heterogéneos lo cual implica reasignación de tareas con personal de diversas capacidades
- Altos índices de absentismo
- Salidas periódicas durante horario laboral

Se modela entonces el problema assembly line worker assignment and balancing problem with stochastic worker availability (SALWABP) como un problema de programación entera mixta estocástico de dos fases. En la primera se decide la asignación de tareas a estaciones de trabajo y en la segunda la asignación de trabajadores a las mismas. Se proponen dos variantes:

- SALWABP-Fi: donde todas las tareas quedan fijas en las estaciones
- SALWABP-Fl: una generalización de la primera donde algunas tareas se pueden reasignar al principio del día de trabajo

Se proponen heurísticas de búsqueda local para su resolución y los resultados computacionales muestran que la heurística encuentra buenos resultados hasta determinado tamaño de problemas. Concluyen que aunque tomar medidas para reducir el absentismo es en general más efectivo, utilizar el modelo estocástico en casos en que no se pueda reducir es una solución satisfactoria. Por último, líneas lo suficientemente flexibles para poder reconfigurarse aunque sea parcialmente, permiten reducir significativamente el impacto del absentismo. Esto debe ser acompañado de capacitación en reconfiguración y bajos tiempo de set-up.

En 2019 se publica el trabajo [25] que profundiza sobre el trabajo de Ritt, Costa y Miralles[53] considerando los casos donde los trabajadores no son suficientes para cubrir todas las estaciones de trabajo, escenario que no fue considerado en el trabajo anterior,

en el cual se asumía que aunque hubiera altos niveles de absentismo, la fuerza de trabajo era suficiente para cubrir las tareas. Para integrar este escenario, agregan un costo de penalidad a la función objetivo que se puede interpretar como contratos a tiempo parcial para cubrir las estaciones de trabajo o el costo de dejarlas vacantes.

#### 6.4.4. Características de los trabajadores

Otras extensiones propuestas incluyen el trabajo [18] donde se busca equilibrar la carga de trabajo, para no generar sobrecargas que puedan llevar a fatiga y pérdida de eficiencia, y posiblemente accidentes. Su estudio está enfocado en la medicina laboral. Los autores realizan una amplia búsqueda de literatura sobre asignación de tareas en líneas de ensamblaje y analizan las distintas contemplaciones realizadas. Finalmente, concluyen que no hay literatura sobre el deterioramiento de la PWLC (physical workload capacity) y por eso se centran en ese problema analizando el efecto de la edad y género para la ejecución de distintas tareas. Sus resultados muestran que el considerar el deterioro de la fuerza de trabajo de acuerdo a la edad y el género de los trabajadores genera impactos notorios en los resultados del problema de líneas de ensamblaje.

En el artículo [1] se propone integrar además el riesgo ergonómico en la asignación de tareas. Los autores proponen que diseños ineficientes ergonómicamente pueden causar pérdida de productividad y generar enfermedades ocupacionales, esto siempre es importante tenerlo en cuenta, pero más aún considerando que ALWABP está originalmente contemplado para personas con discapacidad. Para poder resolver el problema con varios niveles de restricciones y además multiobjetivo, se propone una heurística de búsqueda constructiva aleatoria bajo varias reglas o en inglés: multiple-rule based constructive randomized search (MRBCRS) heuristic. Los resultados son positivos, demostrando que las condiciones ergonómicas pueden ser mejoradas mediante el uso de esta herramienta. Sin embargo, en 2021, los autores Sato Michels y Costa [54] publican una nota sobre esta heurística resaltando algunas inconsistencias dentro de las cuales se encuentra la posibilidad de contemplar soluciones no factibles y la falta de actualización en el tiempo del ciclo. De todas formas, parece interesante considerar el riesgo ergonómico en el problema y se deja el artículo inicial como referencia de adaptación al problema original.

#### 6.4.5. Tiempos de Set-Up

En 2021, Yilmaz [61] propone el problema AWALBPS basado en el AWALBP original que agrega tiempos de set up dependientes de la secuencia de las tareas. Muchas veces los tiempos de set up son despreciados en los problemas de asignación, asumiendo que son insignificantes en comparación con el tiempo de ejecución de la tarea, sin embargo, en este artículo se plantea que al considerar distintos órdenes en la ejecución de tareas y variabilidad en las estaciones de trabajo, los tiempos de set up pueden influenciar en la minimización del tiempo de ciclo total. El problema se formula como uno de programación lineal entera mixta y se logra resolver mediante solver para instancias pequeñas. Luego, el autor plantea un algoritmo metaheurístico para resolver instancias más grandes que

reflejen de forma más certera instancias reales y logra resultados computacionales que muestran efectividad y éxito en encontrar soluciones.

#### 6.4.6. Otras configuraciones de líneas de Ensamble

El problema ALWABP se plantea desde el principio como una única línea. Algunos autores han explorado otras alternativas para configurar las líneas de ensamble que aportan flexibilidad, diversidad y mayores posibilidades de balancear la carga de trabajo.

Como se mencionó anteriormente, Araujo, Costa y Miralles [5] plantean la posibilidad de paralelizar tareas dentro de las estaciones de trabajo, obteniendo algunos resultados positivos, sin embargo, aumentando complejidad a la coordinación de tareas. Profundizando en el tema, los mismos tres autores presentan al año siguiente, el trabajo [5] donde exploran la posibilidad de crear líneas de ensamblaje completamente paralelas armando grupos de trabajadores independientes para cada una de ellas. Llaman a esta extensión del problema original Parallel assembly line worker assignment and balancing problem (PALWABP) y consiste en una formulación de programación lineal entera mixta. Además, formulan dos algoritmos de resolución: uno basado en la búsqueda tabú y el otro en algoritmos genéticos. Los resultados computacionales demuestran que esta configuración es beneficiosa en cuanto a la productividad de la línea.

Otra extensión estudiada es la del ensamblaje de varios productos en una misma línea. Al respecto Ramezani y Ezzatpanah [51] proponen el mixed-model assembly line balancing and worker assignment problem (MMALBWAP) con el objetivo de minimizar el tiempo de ciclo y además minimizar los costos de operación. Para adaptar el problema agregan un parámetro  $M$  de cantidad de modelos de producto a ensamblar y modelan los niveles de capacidad de los operarios. Con respecto a los tiempos, asumen que las tareas son similares para los distintos modelos, para aquellos productos que una tarea no es necesaria se le asigna tiempo 0 de ejecución y para el resto los distintos tiempos dependen del operario y del modelo producido. El costo de operación depende del nivel del operario, asignado como parámetro y de la tarea en sí. Únicamente se asigna un trabajador a una estación de trabajo donde ejecuta una única tarea indivisible. Para resolver este nuevo modelo multiobjetivo los autores desarrollan un algoritmo evolutivo y demuestran su eficiencia contra un algoritmo genético existente.

Por otro lado, Oksuz, Buyukozkan y Satoglu [41] hacen un estudio sobre las líneas de ensamble con forma de U y presentan un modelo, primero no lineal y luego linealizado, para el problema UALWABP-E (U-shaped line assembly line worker assignment and balancing type-E). La ventaja principal de la forma de U es que las restricciones de precedencia son más relajadas que en las líneas rectas e incluso se pueden realizar conjuntamente tareas que son predecesoras o sucesoras en una misma estación de trabajo. Por lo general, se logran mayores eficiencias de balance de línea y se asocian con líneas donde se alienta el aprendizaje de varias tareas, el trabajo en equipo y que son motivantes. Dicho esto, el problema es muy similar al ALWABP pero los autores deciden evaluar el tiempo de ejecución de tareas mediante un coeficiente de performance para los trabajadores multiplicado por un tiempo estándar, en vez de con los tiempos por tarea por trabajador de forma directa.

Además de plantear el modelo lineal, plantean un algoritmo de colonia de abejas y un algoritmo genético para resolver el mismo. A partir de algunas pruebas computacionales muestran que las metaheurísticas propuestas llegan a soluciones cercanas a la óptima.

Más recientemente, en 2022, Chutima y Khotsaenlee [16] profundizan aún más en las líneas de ensamblaje en forma de U y la incorporación de personas con discapacidad. Más precisamente se enfocan en el *parallel adjacent U-shaped assembly line balancing problem* (PAULBP) para trabajadores con y sin discapacidad y robots. Las líneas de ensamblaje del tipo PAUL refieren a un tipo especial de Muls (multiple U-line system) que son sistemas de varias líneas de producción en forma de U, éstas son ventajosas en el sentido que permiten variabilidad de productos, complemento de funciones y apoyo para paradas de planta parciales. Las PAUL en particular refieren a líneas en forma de U paralelas y adyacentes de tamaños que pueden ser variados y que comparten estaciones de trabajo. Es decir, es posible que en una estación de trabajo se realicen tareas para dos líneas distintas en simultáneo. Considerando la efectividad de esta configuración de planta, de las ventajas en el uso de robots para tareas repetitivas, peligrosas o tediosas, y de las ya mencionadas ventajas de integración de personas con discapacidad, es que los autores plantean un modelo multiobjetivo llamado MaPAULBP-HRC (*multi-objective PAUL balancing problem, where humans and robots coexist*). Las capacidades y eficiencias de cada trabajador son diferentes y a la vez son distintas con la de los robots. Además, el modelo contempla posibles emisiones de los robots, aspectos ergonómicos que puedan afectar a la tarea realizada por parte de los humanos y beneficios fiscales por incorporación de personas con discapacidad. Además del modelado los autores presentan una técnica de solución de optimización de aprendizaje y realizan algunos experimentos computacionales.

#### 6.4.7. Conclusiones

Del análisis de la literatura de este problema se desprende que ha habido numerosos esfuerzos en buscar una forma práctica, relativamente rápida y útil para que los gerentes puedan aplicar esta herramienta. Tanto para casos específicos como los CEE donde la resolución diaria o semanal del problema puede ser de gran utilidad debido a la alta rotatividad de empleados, número elevado de ausencias y gran heterogeneidad de tiempos de ejecución de tareas; como para casos más genéricos donde la fuerza de trabajo está compuesta por personas con y sin discapacidad, estas herramientas pueden ser aplicadas de forma sistemática obteniendo resultados estratégicos para la toma de decisiones.

#### 6.5. Otras herramientas aplicables

En esta sección se recopila información sobre herramientas que han sido utilizadas dentro del ámbito de la discapacidad pero no refieren a modelos de programación lineal. Se detallan dos trabajos que resultaron relevantes, el primero sobre simulación y el segundo sobre Machine Learning.

### 6.5.1. Simulación

Se entiende a la simulación como una poderosa herramienta la cual permite explorar y comprender la complejidad de sistemas y fenómenos, así como también, da la posibilidad de tomar decisiones a partir de información basada en la observación. Una de las principales ventajas de la simulación es la posibilidad de realizar experimentos en un entorno controlado. Esto permite observar cómo varían los resultados cuando se ajustan variables específicas y cómo diferentes factores interactúan entre sí.

La simulación permite explorar diferentes alternativas y estrategias sin necesidad de que estas sean implementadas directamente en la realidad. Esto puede ser especialmente útil cuando las decisiones a tomar son muy complejas. En situaciones donde realizar experimentos en la realidad sería costoso, peligroso o poco práctico, la simulación proporciona una forma segura y eficiente de estudiar un sistema.

Es importante destacar que en el campo de la ingeniería, la simulación ayuda a diseñar y optimizar productos y procesos antes de llevarlos a la producción real.

En el artículo [24] se entiende por los autores que las personas con discapacidad no habían sido considerados, hasta entonces, en las simulaciones de producción. Por dicha razón es que en su trabajo realizado en 2022 examinan, mediante simulaciones, la influencia de PWDS (persons with disabilities) con niveles de discapacidad seleccionados, en el rendimiento de las líneas de manufactura.

Frente a la planificación, los autores detectan tres problemáticas a tener en cuenta:

- Diferente eficiencia respecto a trabajadores con y sin discapacidad: los tiempos de procesos asociados a personas con discapacidad suelen ser mayores y dependientes del tipo y el nivel de discapacidad.
- Pausas imprevistas en trabajadores con discapacidad: influye directamente en el rendimiento de la línea de producción.
- Dependencia del precio frente al nivel de servicio brindado y la demanda: una correcta planificación y asignación de empleados suele garantizar un alto nivel de servicio.

A lo largo del artículo se observa que la simulación utiliza como base una combinación de dinámica de sistemas y simulación de sucesos discretos (SDS y DES). Se aplica SDS con el fin de conocer las relaciones causales de factores tales como:

- Número de PWDS que participan en el proceso de manufactura (PM).
- Demanda diaria
- Tiempo de funcionamiento
- Cantidad de productos fabricados
- Precio del producto, incluyendo costo de la mano de obra
- Nivel de servicio

A partir de estos factores, se desprenden relaciones entre las mismas, sin embargo estas no fueron de gran sorpresa: el aumento de PWDS que participan en el PM disminuye el costo del servicio, y esto se debe a las subvenciones del estado como consecuencia de emplear personas con discapacidad. Así mismo, un incremento de las personas con discapacidad, disminuye la cantidad de productos fabricados, debido a la menor eficiencia de estos tipos de trabajadores. Un aumento de precio conlleva a una disminución de la demanda, mientras que un aumento del nivel de servicio, lo incrementa.

En el experimento participaron cuatro empleados, dentro de los cuales se incluían personas sin discapacidad, y con discapacidad intelectual moderada, todos realizando el mismo trabajo. Este constaba de seis simulaciones; en uno de ellos la empresa decide la cantidad de PWDS a emplear luego de cada jornada laboral en función del nivel de servicio. En el resto de las simulaciones el número de personas con y sin discapacidad contratadas era fijo (no variaban durante el proceso de simulación).

El objetivo de la simulación está en poder determinar la cantidad de PWDS a contratar con el fin de garantizar cierto nivel de servicio, bajo las condiciones dinámicas del mercado. Es importante destacar que las simulaciones se realizaron considerando un monto fijo de retribución por parte del estado.

Finalizada la simulación, los autores concluyen que para este tipo de tarea y con el fin de garantizar un nivel de servicio  $\geq 0,85$ , es posible contratar como máximo a dos PWDS. Añaden además:

“As a result of the lower efficiency of PWDS, increasing their share in manufacturing reduces the overall throughput of MS. Therefore, activation and, thus, improvement of quality of life should be the basic reason for employing PWDS [24].”

Si bien emplear PWDS implica mejorar ampliamente la calidad de vida de estas personas, dentro de ciertas limitantes, también es beneficioso para las empresas.

### 6.5.2. Machine Learning

Otra herramienta interesante presentada por Namoun et al [37] es Machine Learning. Los autores plantean, como bien indica el título, un marco para Machine Learning dentro de lo que es selección de servicios de AT (assistive technologies) para personas con discapacidad. Si bien esto no está enmarcado en la asignación de tareas, es interesante como, a partir de determinadas condiciones, contexto, necesidades y preferencias del usuario se asigna el mejor servicio, lo cual puede ser extrapolable a tareas a realizar en un problema de distribución de tareas.

La metodología de los autores consiste en una primera etapa de determinación de tareas de asistencia para las actividades que se desean realizar, mediante clasificación multitarea; y una segunda etapa de selección de la mejor mediante un modelo dinámico de regresión. Para implementar la técnica, se diseñaron escenarios base buscando representar las tareas, interacciones de usuario, actividades a realizar y situaciones que se pudieran dar. De forma complementaria a este trabajo de modelado y validación de un marco para

Machine Learning, los autores presentan una ontología (representa la razón de existencia de un concepto, las entidades que la forman, categorías y dependencias) para personas con discapacidad.

## Referencias

- [1] AKYOLL, S. D., AND BAYKASOGLU, A. ErgoALWABP: a multiple-rule based constructive randomized search algorithm for solving assembly line worker assignment and balancing problem under ergonomic risk factors. *J Intell Manuf* (2019) 30 (2019), 291–302. <https://doi.org/10.1007/s10845-016-1246-6>.
- [2] ALCÁNTARA, Ó. J. G., INSA, C. M., AND MARÍN-GARCIA, J. A. La integración laboral de las personas con discapacidades como parte de la RSC de las empresas. *XI Congreso de Ingeniería de Organización* (2007), 1557–1568.
- [3] ALEMANY, L., AND VERMEULEN, F. Disability as a source of competitive advantage. *Harvard Business Review* (2023).
- [4] ALEXANDER, E. E., JEFFREY, N., ANDREA, D. E., KARLI, F., AND GREGORY D., H. A. Applying blue ocean strategy to hire and assimilate workers with disabilities into distribution centers. *Business Horizons* 63 (2020), 339–350.
- [5] ARAÚJO, F., COSTA, A., AND CRISTÓBAL, M. Two extensions for the ALWABP: Parallel stations and collaborative approach. *International Journal of Production Economics* 140 (11 2012), 483–495.
- [6] BAQUERO, J., GUATAQUÍ, J., AND SARMIENTO, L. Un marco analítico de la discriminación laboral. *Universidad del Rosario. Bogotá. ISSN 0124 - 4396* (2000). Borradores de Investigación.
- [7] BARCLAY, L., AND KAREN, S. Professionals with disabilities: Crafting career success and engagement. *Journal of Behavioral and Applied Management*, 22 (2022), 159–182.
- [8] BLUM, C., AND CRISTÓBAL, M. On solving the assembly line worker assignment and balancing problem via beam search. *Computers & Operations Research* 38 (01 2011), 328–339.
- [9] BOMAN, T., ANDERS, K., DANERMARK, B., AND BOMAN, E. Employment opportunities for persons with different types of disability. *European Journal of Disability Research* 9 (2015) 116–129 (2015).
- [10] BORBA, L., AND RITT, M. A heuristic and a branch-and-bound algorithm for the assembly line worker assignment and balancing problem. *Computers & Operations Research*, 45 (2014), 87–96.
- [11] BOUAJAJA, S., AND DRIDI, N. Research on the optimal parameters of ACO algorithm for a human resource allocation problem. In *2015 IEEE International Conference on Service Operations And Logistics, And Informatics (SOLI)* (2015), pp. 60–65.
- [12] BOYSEN, N., FLIEDNER, M., AND SCHOLL, A. A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183 (2007). doi:10.1016/j.ejor.2006.10.010.

- [13] BRUCKER, D. L., AND SUNDAR, V. Job crafting among american workers with disabilities. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 31 (2021), 729. <https://doi.org/10.1007/s10926-020-09889-9>.
- [14] CHAVES, A. A., LORENA, L. A. N., AND MIRALLES, C. Clustering search approach for the assembly line worker assignment and balancing problem. *Proceedings of the 37th International Conference on Computers and Industrial Engineering, Alexandria, Egypt* (2007), 1469–1478.
- [15] CHAVES, A. A., LORENA, L. A. N., AND MIRALLES, C. Hybrid metaheuristic for the assembly line worker assignment and balancing problem. *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 5818 (2009), pp. 1–14.
- [16] CHUTIMA, P., AND KHOTSAENLEE, A. Multi-objective parallel adjacent U-shaped assembly line balancing collaborated by robots and normal and disabled workers. *Computers & Operations Research* 143 (03 2022), 105775.
- [17] COSTA, A. M., AND MIRALLES, C. Job rotation in assembly lines employing disabled workers. *Int. J. Production Economics*, 120 (2009), 625–632.
- [18] EFE, B., GÜL E.OKUDAN KREMER, AND KURT, M. Age and gender-based workload constraint for assembly line worker assignment and balancing problem in a textile firm. *International Journal of Industrial Engineering*, 25 (2018), 1–17.
- [19] FRATTARI, A., DALPRA, M., AND BERNARDI, F. Educating in the design and construction of built environments accessible to disabled people: the Leonardo da Vinci AWARD project. *Department of Civil and Environmental Engineering, University of Trento* (2011).
- [20] GUFFEY, E. In the wake of universal design: Mapping the terrain. *Massachusetts Institute of Technology Design Issues* 37, 1 (2021).
- [21] HENNI, S. H., MAURUD, S., FUGLERUD, K. S., AND MOEN, A. The experiences, needs and barriers of people with impairments related to usability and accessibility of digital health solutions, levels of involvement in the design process and strategies for participatory and universal design: a scoping review. *BMC Public Health* 22(1) (2022), 35.
- [22] INGUSCI, E., SIGNORE, F., ORTIZ-BONNIN, S., GIACCARI, M., MALERBA, F., MARTINO, P., LECCISO, F., AND CORTESE, C. Disability as a job resource: The role of job crafting and organizational citizenship behaviours. towards an approach to value diversity in organizations. *BPA. Applied Psychology Bulletin (Bollettino di Psicologia Applicata)* (12 2022), 1–11.
- [23] INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Database: Disability labour market indicators (DLMI), ILOSTAT, 2023. <https://ilostat.ilo.org/data/> (último acceso 10 abril 2024).

- [24] LITWIN, P., ANTONELLI, D., AND STADNICKA, D. Disabled employees on the manufacturing line: Simulations of impact on performance and benefits for companies. *IFAC-PapersOnLine* 55, 10 (2022), 848–853.
- [25] LIU, M., RONGFAN, L., AND CHU, F. An improved model for assembly line worker assignment and balancing problem considering stochastic worker availability. *National Natural Science Foundation of China* (09 2019), 1–6.
- [26] MIRALLES, C., GARCÍA-SABATER, J. P., ANDRÉS, C., AND CARDOS, M. Advantages of assembly lines in sheltered work centres for disabled. a case study. *Int. J. Production Economics* 0, 110 (Marzo 2007), 187–197.
- [27] MIRALLES, C., GARCÍA-SABATER, J. P., ANDRÉS, C., AND CARDÓS, M. Branch and bound procedures for solving the assembly line worker assignment and balancing problem: Application to sheltered work centres for disabled. *Discrete Applied Mathematics*, 156 (5 2007), 352 – 367. Doi: doi:10.1016/j.dam.2005.12.012.
- [28] MIRALLES, C., HOLT, R., MARIN, J., AND CANOS-DAROS, L. Universal design of workplaces through the use of poka- yokes: Case study and implications. *Journal of Industrial Engineering and Management* 4, 3 (2011), 436–452.
- [29] MOREIRA, M., CRISTÓBAL, M., AND COSTA, A. Model and heuristics for the assembly line worker integration and balancing problem. *Computers & Operations Research* 54 (02 2015), 64–73.
- [30] MOREIRA, M., PASTOR, R., COSTA, A., AND CRISTÓBAL, M. The multi-objective assembly line worker integration and balancing problem of Type-2. *Computers & Operations Research* 82 (01 2017).
- [31] MOREIRA, M. C. O., CORDEAU, J.-F., COSTA, A. M., AND LAPORTE, G. Robust assembly line balancing with heterogeneous workers. *Computers and Industrial Engineering* 88 (2015), 254–263.
- [32] MOREIRA, M. C. O., AND COSTA, A. M. A minimalist yet efficient tabu search algorithm for balancing assembly lines with disabled workers. *XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento* (2009).
- [33] MOREIRA, M. C. O., AND COSTA, A. M. Hybrid heuristics for planning job rotation schedules in assembly lines with heterogeneous workers. *International Journal of Production Economics*, 141 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.09.011>.
- [34] MOREIRA, M. C. O., RITT, M., COSTA, A. M., AND CHAVES, A. A. Simple heuristics for the assembly line worker assignment and balancing problem. *J Heuristics*, 18 (2012).

- [35] MURFITTA, K., CROSBIEB, J., ZAMMITC, J., AND WILLIAMSA, G. Employer engagement in disability employment: A missing link for small to medium organizations – a review of the literature. *Journal of Vocational Rehabilitation* 48 (2018), 417–431.
- [36] MUTLU, O., POLAT, O., AND SUPCILLER, A. An iterative genetic algorithm for the assembly line worker assignment and balancing problem of type-II. *Computers & Operations Research* 40 (01 2013), 418–426.
- [37] NAMOUN, A., ABI SEN, A., TUFAIL, A., ALSHANQITI, A., NAWAZ, W., AND BENRHOUMA, O. A two-phase machine learning framework for context-aware service selection to empower people with disabilities. *Sensors*, 22, 5142 (2022). <https://doi.org/10.3390/s22145142>.
- [38] NATIONAL DISABILITY AUTHORITY (NDA). What is universal design. Centre for Excellence in Universal Design (CEUD), 2020, Irlanda. <https://universaldesign.ie/what-is-universal-design>. Accedido el 10/6/2023.
- [39] NAVARRO, J. L., GUERRERO, I., AND VIANA, R. A. Economía laboral y discapacidad: reflexiones en torno a un asunto de salud pública. *MedUNAD*, Vol. 18(1) (2015), 71–75.
- [40] OFICINA DEL ALTO COMISIONADO DE NACIONES UNIDAS PARA LOS DERECHOS HUMANOS. Oficina del alto comisionado de naciones unidas para los derechos humanos. [https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/HRIndicators/SDG\\_Indicator\\_16b1\\_10\\_3\\_1\\_Metadata\\_SP.pdf](https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/HRIndicators/SDG_Indicator_16b1_10_3_1_Metadata_SP.pdf) (último acceso 13 abril 2024), Octubre 2019.
- [41] OKSUZ, M. K., BUYUKOZKAN, K., AND SATOGLU, S. I. U-shaped assembly line worker assignment and balancing problem: A mathematical model and two meta-heuristics. *Computers and Industrial Engineering* 112 (2017), 246–263.
- [42] ONU: ASAMBLEA GENERAL. Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad: Resolución aprobada por la Asamblea General, 2006. A/RES/61/106, 24 Enero 2007, Accedido desde <https://www.refworld.org/es/leg/resolution/unga/2007/es/49751> (Último acceso 10 abril 2024).
- [43] OPS. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud, 2023. [https://www.paho.org/es\(ltimoacceso13abril2024\)](https://www.paho.org/es(ltimoacceso13abril2024)).
- [44] PEREIRA, J. The robust (minmax regret) assembly line worker assignment and balancing problem. *Computers and Operations Research* 93 (2018), 27–40.
- [45] PODER LEGISLATIVO. Ley N° 17817: Declaracion de interes nacional. Lucha contra el racismo la xenofobia y toda otra forma de discriminacion. Registro Nacional de Leyes y Decretos, Montevideo, Uruguay, 2004. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17817-2004>.

- [46] PODER LEGISLATIVO. Ley n° 18.418: Convención de Naciones Unidas sobre los derechos de las personas con discapacidad. Registro Nacional de Leyes y Decretos, Montevideo, Uruguay, 2008. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18418-2008>.
- [47] PODER LEGISLATIVO. Ley n° 18651: Ley de protección integral de personas con discapacidad. Registro Nacional de Leyes y Decretos, Montevideo, Uruguay, 2010. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18651-2010>.
- [48] POLAT, O., KALAYCI, C. B., ÖZCAN MUTLU, AND GUPTA, S. M. A two-phase variable neighbourhood search algorithm for assembly line worker assignment and balancing problem type-ii: an industrial case study. *International Journal of Production Research* 54, 3 (2016), 722–741.
- [49] PORTER, M., AND KRAMER, M. The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review* (December 2006).
- [50] PÉREZ, M. E., AND CHHABRA, G. Modelos teóricos de discapacidad: un seguimiento del desarrollo histórico del concepto de discapacidad en las últimas cinco décadas. *Revista Española de Discapacidad*, 7 (I) (2019), 7–27. <https://doi.org/10.5569/2340-5104.07.01.01>.
- [51] RAMEZANIAN, R., AND EZZATPANAH, A. Modeling and solving multi-objective mixed-model assembly line balancing and worker assignment problem. *Computers and Industrial Engineering* 87 (2015), 74–80.
- [52] RIOS A, J. C. Condiciones de inclusión de la discapacidad frente a las barreras arquitectónicas, el reto: la inclusión. *UGCiencia* (19), 38 - 56 (2013).
- [53] RITT, M., COSTA, A. M., AND MIRALLES, C. The assembly line worker assignment and balancing problem with stochastic worker availability. *International Journal of Production Research* 54, 3 (2016), 907–922.
- [54] SATO MICHELS, A., AND COSTA, A. M. A note to: A multiple-rule based constructive randomized search algorithm for solving assembly line worker assignment and balancing problem. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32 (2021), 2121–2124. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01632-8>.
- [55] SERRANO GUZMÁN, M. F., JARAMILLO PEREIRA, L. F., CAMPOS CASTELLANOS, C. A., AND GALINDO ORTIZ, N. J. Instrumento para evaluación de la accesibilidad con criterios de diseño universal. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte Mayo - Agosto*, 39 (2013), 143–151.
- [56] UNIT. Accesibilidad de las personas al medio físico - criterios y requisitos generales de diseño para un entorno edificado accesible. Norma Técnica 200:2022, UNIT, 2022. <https://www.unit.org.uy/normalizacion/norma/100001459> (último acceso 13 abril 2024).

- 
- [57] VICENTE-HERRERO, M., TERRADILLOS GARCÍA, M., AGUADO BENEDÍ, M., CAPDEVILA GARCÍA, L., RAMÍREZ IÑIGUEZ DE LA TORRE, M., AND AGUILAR JIMÉNEZ, E. Incapacidad y discapacidad: Diferencias conceptuales y legislativas. *Documento AEEMT* (2016). <http://www.aeemt.com/> (último acceso 13 abril 2024).
- [58] VILLANUEVA FLORES, M., AND VALLE CABRERA, R. La discriminación de los empleados con discapacidad en las organizaciones: el rol de la asignación del puesto de trabajo. *Revista europea de direccion y economia de la empresa* (2010).
- [59] VILLANUEVA-FLORES, M., VALLE-CABRERA, R., AND BORNAY-BARRACHINA, M. Career development and individuals with physical disabilities. *Career Development International* 19, 2 (2014), 222–243.
- [60] VILÀ, M., AND PEREIRA, J. A branch-and-bound algorithm for assembly line worker assignment and balancing problems. *Computers & Operations Research* 44 (04 2014), 105–114.
- [61] YILMAZ, H. Modelling and solving assembly line worker assignment and balancing problem with sequence dependent setup times. *Soft Computing*, 25 (2021), 12899–12914.
- [62] ZACHARIA, P. T., AND NEARCHOU, A. C. A population-based algorithm for the bi-objective assembly line worker assignment and balancing problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 49 (2016), 1–9.
- [63] ZOLNA, J., SANFORD, J., SABATA, D., AND GOLDTHWAITE, J. Review of accommodation strategies in the workplace for persons with mobility and dexterity impairments: Application to criteria for universal design. *Technology and Disability* 19 (2007), 189–198.



## Apéndice B

### Anexo II: Informe básico de accesibilidad



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



**Intendencia  
Montevideo**

# **Informe básico de accesibilidad**

## **Proyecto Pasantías Laborales SERVICIO DE ATENCIÓN A LA CIUDADANÍA**

Facultad de Ingeniería - IMM  
Agosto 2023

Jimena Strechia  
Michele Blasiak  
Julieta Oberti

# Índice

<b>Índice</b>	<b>2</b>
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Metodología</b>	<b>3</b>
Participantes	3
<b>Relevamiento</b>	<b>4</b>
Acceso físico al puesto de trabajo	4
Piso 3 y medio	5
Atención no presencial en Buzón ciudadano	7
Atención telefónica	8
Administración	10
Módulo de informes	11
Atención Presencial y Sector Centro de Vistas y Notificaciones	13
<b>Conclusiones</b>	<b>16</b>

# Introducción

Dentro del marco del Proyecto Pasantías Laborales de convenio entre la OSC y la Secretaría de Discapacidad de la Intendencia Municipal de Montevideo, se realizó un relevamiento básico de los puestos de trabajo en el Servicio de Atención a la Ciudadanía para analizar aspectos básicos de accesibilidad, con el fin de que a mediados de setiembre del presente año ingresen en régimen de Pasantías cerca de 20 pasantes con algún tipo de discapacidad, de 5 organizaciones diferentes.

De nuestra parte, como estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Udelar, creemos importante involucrarnos en este relevamiento que será un insumo para el desarrollo de una herramienta funcional, como parte de nuestro proyecto de fin de carrera titulado “Modelos de distribución de tareas en procesos productivos para la inclusión de personas con discapacidad”.

## Metodología

El jueves 24 de agosto se llevó a cabo el relevamiento en las distintas oficinas del SAC (Servicio de Atención a la Ciudadanía):

- Atención no presencial en Buzón ciudadano
- Módulo de informes
- Atención telefónica
- Administración
- Atención Presencial y Sector Centro de Vistas y Notificaciones

El formato del mismo fueron entrevistas presenciales con los referentes de cada oficina con visitas dentro del edificio de la Intendencia.

## Participantes

- Lucía Rodríguez - Jefa administrativa del SAC
- Fiorella Vitacca - Jefa de UCAT (call center)
- Lorena Franquez - Jefa de ANP (Buzón Ciudadano)
- Agustina de León - Jefa Módulos de Informes
- Sofía Vidart - Subjefa Atención Presencial
- Martín Rosas - Coordinador SAC

# Relevamiento

En esta sección se describen en primera instancia aspectos básicos de accesibilidad física a los puestos de trabajo. Luego, se profundiza en las barreras de acceso al piso tres y medio, puesto a que tanto buzón ciudadano, como administración y atención telefónica tienen sus oficinas allí. Finalmente se brindará una breve descripción de los puestos disponibles en cada área y aspectos relevantes a considerar de los mismos.

## Acceso físico al puesto de trabajo

En su mayoría, los trabajadores del SAC tienen su reloj de marcas, por dónde ingresan y salen de trabajar, en la entrada para trabajadores por la calle San José (túnel). La entrada desde la calle es a través de una pequeña rampa, como se puede ver en la imagen central de la Figura 1. Allí, existen 6 ascensores amplios que visitan distintos pisos de la IMM. Los ascensores tienen tiempos de espera largos (de hasta 15 minutos) en momentos críticos, por ejemplo a las nueve de la mañana cuando ingresa una gran cantidad de personal o al mediodía en los cortes. Los ascensores cuentan con numeración Braille como también se puede ver en la Figura 1.

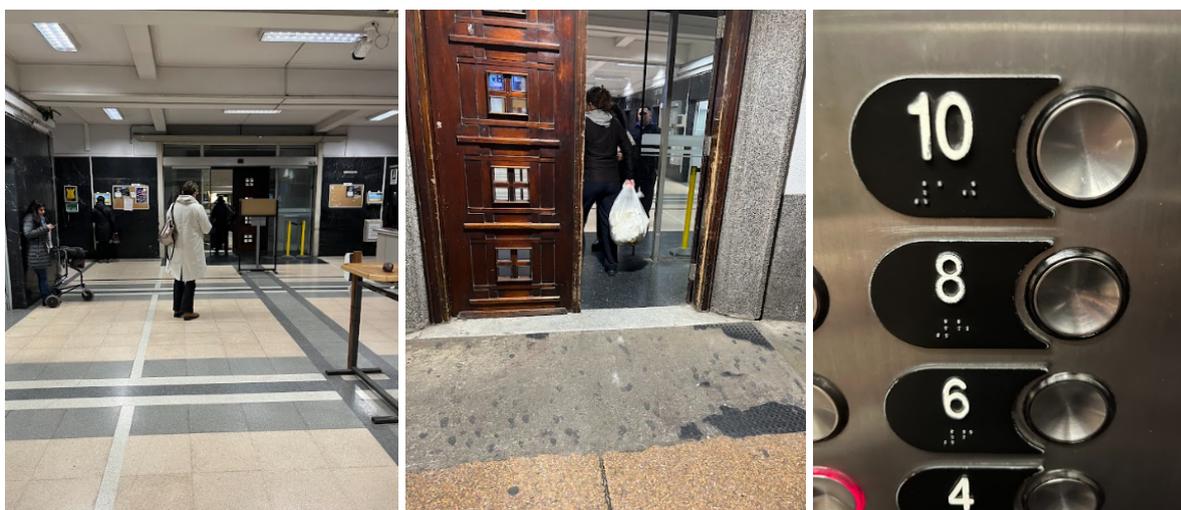


Figura 1: Entrada desde el túnel de San José y ascensor principal

El acceso peatonal a la entrada de San José es accesible, las veredas cuentan con rampas en los semáforos y están en buen estado, como se puede ver en la Figura 2.



Figura 2: Acceso peatonal al túnel de San José

Se podría contemplar el acceso por 18 de julio a la intendencia, donde las entradas están correctamente señalizadas, se cuenta con rampas de acceso y baldosas podotáctiles, como se puede observar en la Figura 3. Sin embargo, para ir al subsuelo (entrada de San José) se deben pasar los molinetes y acceder a los 6 ascensores principales, o bajar las escaleras.



Figura 3: Acceso por la puerta principal.  
Señalización, rampas de acceso y baldosas podotáctiles

## Piso 3 y medio

Como se mencionó anteriormente, se considera importante detallar la accesibilidad del piso 3 y medio donde se encuentran la mayoría de las oficinas del SAC. Para acceder a éste, se debe hacer uso de los ascensores previamente mencionados o por escaleras. Es un piso con muchos pasillos y puertas de distintos tamaños, como se puede ver en las Figuras 4 y 5. Nos parece importante resaltar que éste piso cuenta con varios baños, pero sin embargo ninguno cuenta con accesibilidad para sillas de ruedas.



Figura 4: Pasillos y puertas en Piso 3 y medio



Figura 5: Baños Piso 3 y medio

Los dos comedores habilitados en este piso, Figura 6, se fueron armando con el tiempo, las mesas son distintas entre sí, algunas son viejos escritorios y los asientos consisten de distintas sillas o bancos (distintas alturas y distintos respaldos, si los tienen). Allí también hay algunos casilleros donde los trabajadores pueden guardar sus pertenencias. No está señalizado el acceso a los mismos.



Figura 6: Comedores del Piso 3 y medio

## Atención no presencial en Buzón ciudadano

La oficina de Atención no presencial en Buzón ciudadano está ubicada en el piso 3 y medio del Edificio Principal, por lo que la llegada al puesto de trabajo se identifica anteriormente. En este caso el horario de trabajo del servicio corresponde de lunes a viernes entre las 9 y 21 horas. En este caso, el mejor horario para el ingreso de un pasante es entre las 10 y las 16 para que pueda solaparse con dos turnos y de esta forma acompañarlo de la mejor manera.

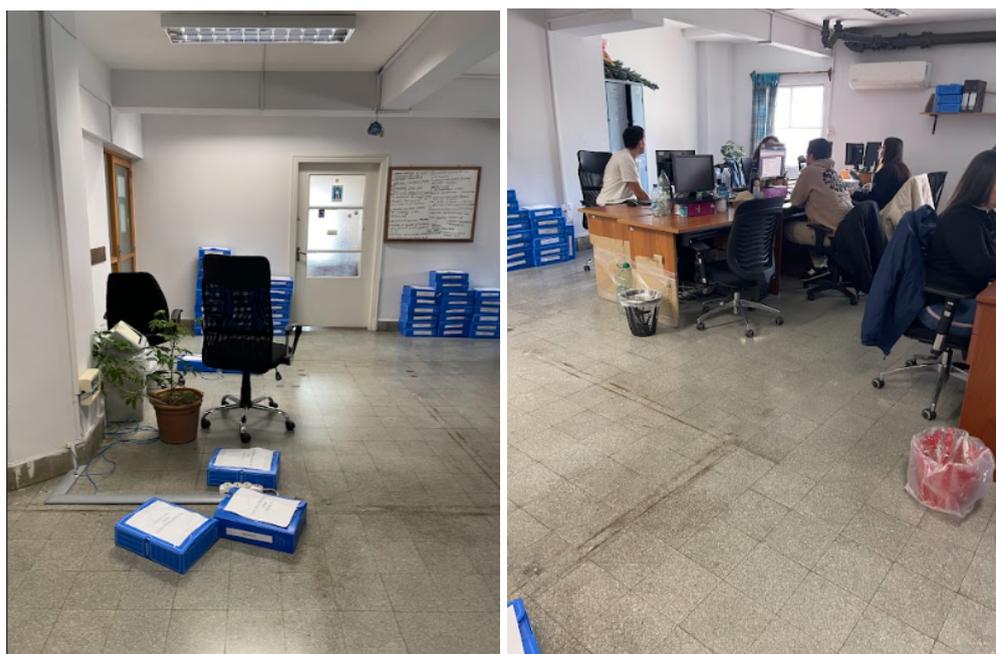


Figura 7: Oficina y puestos de trabajo Buzón Ciudadano

En esta oficina se podrían incorporar hasta tres escritorios nuevos, ya que se realizó una reorganización del lugar y dejó el espacio suficiente, como se ve en la Figura 7. Solo cuentan con una computadora libre, en el caso de que se efectúe un ingreso. Cada trabajador cuenta con su propio escritorio. Las máquinas con las que disponen son fijas y antiguas, no tienen instalado el programa de lectura para personas con baja visión.

Actualmente, se encuentran trabajando 16 personas, todas de forma presencial en distintos horarios, aunque solo dos personas en la mañana. Dentro de la composición, existen algunos funcionarios, pasantes con contratos de 2 años y otros convenios como Yo Estudio y Trabajo y Plan ABC. Normalmente las personas que ingresan al sector, se quedan hasta finalizar su contrato en caso que corresponda.

En cuanto a la posibilidad de que ingrese alguna persona con discapacidad al sector es importante tener en cuenta que, por el momento no hay ninguna persona con discapacidad trabajando, aunque sí participó una vez una pasante con baja visión. Se valora positiva la experiencia ya que fue fructífera para todo el equipo, mejorando herramientas de comunicación. Sin embargo, entienden que la organización inicial no fue buena, ya que fue comunicada su discapacidad al momento de ingresar por lo que no tenían nada organizado para poder realizar la adaptación de la mejor manera.

Nos comentan que para algunas tareas que realizan, como lectura de informes, el Jaws no es muy compatible ya que es difícil poder entender cual es la información útil del informe y que información no es esencial. Las principales tareas son recibir los distintos reclamos de los ciudadanos y tratarlos, lo que implica entender el inconveniente, analizarlo, realizar un expediente y por último responderle, ya sea vía teléfono o a través de un correo. Cada persona hace una tarea específica del flujo del proceso, siendo las personas con mayor experiencia las que brindan la respuesta final al cliente. Por lo que la idea para la persona que ingrese sería realizar una tarea en el medio del flujo, de forma de que haya una persona que pueda aprobar luego ese informe.

En cuanto a la capacitación, en primer lugar se brinda un panorama general y luego se espera que trabaje en conjunto con algún compañero con mayor experiencia. Se cuentan con instructivos para todas las tareas, lo que agiliza la capacitación y planilla de clasificación que se pueden utilizar.

## Atención telefónica

En el caso de atención telefónica, cuenta con 5 líneas (social, ambiental, operadora, tránsito, tributo) donde cada operador está asociado a una sola y cuentan con un referente a cargo. La forma de trabajo es mixta, es decir, dos semanas se trabaja de manera virtual y una presencial. Los días que van presencial puede ir una o más líneas, dependiendo la cantidad de personas que la conformen. Los trabajadores no tienen un módulo exclusivo para cada uno, sino que son compartidos con compañeros que concurren en diferentes semanas, como se puede ver en la Figura 8. Los baños y cocina disponibles para el uso son los del piso 3 y medio.



Figura 8: Casilleros en oficina del Call Center y puestos de trabajo. Escritorio de supervisor de línea en la cabecera y el resto de los puestos a lo largo.

Dentro de esta área se encuentran trabajando 98 colaboradores cuyos contratos son variados. Dentro del área existen personas con distinta carga horaria y en distintos horarios, estos pueden variar desde 4 a 8 horas en la jornada; está la posibilidad también que alguna persona realice horas extras. El horario de trabajo del servicio es de lunes a viernes entre 8 y 21 horas, y sábados de 8 a 14 horas (los sábados generalmente siempre se trabaja de manera remota).

En éste sector solo han habido personas con discapacidad visual. Actualmente en el sector están trabajando cuatro funcionarios con baja visión o ciegos, de los cuales solo uno de ellos trabaja únicamente con un teléfono. Los otros cuatro, realizan todas las tareas sin inconvenientes. No cuentan con computadoras disponibles para personas con baja visión, ya que utilizan Linux y para el Jaws es indispensable contar con Windows. Por esta razón, la secretaria de discapacidad prestó una computadora para que pueda ser utilizada por uno de los funcionarios y en el resto de los casos, los colaboradores utilizan su computadora personal para desempeñar las tareas, donde sí tienen instalado el software. Entienden que el adicionar una persona con baja visión al equipo no implicaría grandes modificaciones, ya que podrán realizar las capacitaciones junto con los funcionarios mencionados.

Respecto a las líneas y las capacitaciones, hay algunas que requieren de mas dedicación. Para el caso de la línea de ambiente, se estima que duren aproximadamente 10 días, mientras que la de tributos y tránsito puede llevar hasta un mes.

Las tareas básicas de éste sector constan de: atender y proporcionar información que es solicitada de manera telefónica, así como también de manera digital vía WhatsApp Web. Entendemos que para éste puesto se requiere de conocimientos básicos informáticos, uso de whatsapp web, buena comunicación oral, y contar con buena escritura en español.

## Administración

Éste es otro de los sectores que se encuentra en el piso 3 y medio del edificio principal con entrada por San José. En éste caso también se hace uso de las instalaciones tales como baños y comedor comentados anteriormente.

Actualmente trabajan 3 personas de lunes a viernes entre las 10 y 16 horas. El lugar de trabajo se puede visualizar en la figura número 9; el mismo consta de un escritorio para cada uno de los actuales trabajadores, pero es bastante amplio el espacio para que pueda incorporarse un escritorio extra en caso que ingrese un pasante al sector. El espacio para el ingreso a la oficina es reducido y contiene varias puertas, lo que puede limitar el ingreso para una persona con movilidad reducida. Cuentan con una única vacante para un pasante, ya que no tienen demasiadas tareas administrativas para cubrir.



Figura 9: Escritorios de trabajo de Administración

Las tareas principales implican la realización de expedientes electrónicos (vinculado a las licencias, solicitudes de permisos, días de estudio, gestión de marcas, entre otros), gestión de pedidos de insumos de las unidades (control de stock y preparación de pedidos correspondiente), y por último, siempre que sea posible, la entrega de los pedidos a las diferentes unidades que solicitan insumos. En la figura 10 se presenta el depósito, el cual consta principalmente con artículos de oficinas, y repuestos para los baños de ese piso.

El pasante que ingrese en éste puesto se pretende que cuente con una mayor dedicación en lo que es la preparación de pedidos junto con su distribución, y en menor medida, realizar algún tipo de expediente específico. No se tiene contacto con el público, pero sí con los distintos sectores a la hora de la entrega de los pedidos.



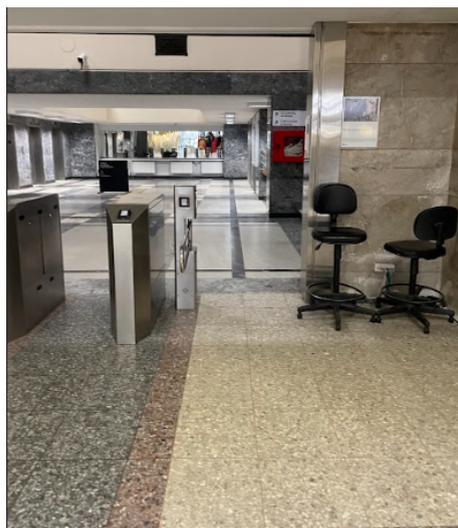
---

Figura 10: Depósito de Administración

Formó parte del equipo hace un tiempo una persona no vidente, ella tenía una computadora que leía, pero era muy difícil la comprensión de los expedientes por la forma en que realiza la lectura el software. No tenía inconvenientes en la movilidad alrededor del piso y para la llegada del lugar de trabajo.

## Módulo de informes

El ingreso al área se realiza por la entrada de San José, que cuenta con rampas y barandas, ya que es aquí donde se realiza la marca de entrada y salida. En el atrio de 18 de Julio, el cual se puede ver en la Figura 11. donde se encuentran los módulos existen baldosas podotáctiles pero por zonas están desgastadas y con poca funcionalidad.



---

Figura 11: Molinetes en el atrio 18 de Julio

Al momento del relevamiento, el ascensor del mirador estaba bajo reforma. Sin embargo, allí hay un módulo de informes. Los ascensores para acceder al mirador son más pequeños que los principales, habría que evaluar su accesibilidad. A su vez, el hecho de que sea usado con fines turísticos implica un flujo importante de personas por el mismo, por lo que esta podría ser una dificultad para que una persona con reducida movilidad pueda subir o bajar en este, sobre todo en horas pico. Aunque no se accedió por los motivos ya expuestos, en el piso del mirador se cuenta con un baño accesible.



---

Figura 13: Ascensor de acceso al mirador

Dentro del sector trabajan personas con el convenio tanto de UdelaR como de Yo Estudio y Trabajo. La capacitación se realiza con el compañero de Módulo que se encuentre en el mismo turno. Las tareas varían según si el puesto es en molinete o en módulos, pero se basan en acompañar y guiar a las personas en el caso de que surja alguna duda a la entrada de la Intendencia y la de agendar hora para realizar los distintos trámites y guiar en el uso del QR para poder ingresar a la Intendencia. Las aplicaciones principales que utilizan son: Slac, Plataforma de respuesta única, la agenda y el correo. Están constantemente expuestos al público y nunca debe quedar el módulo o molinete solo. Es importante tener en cuenta que en horas pico o eventos, se puede generar una multitud en el hall lo que podría implicar ruido, barullo y estrés.

El horario de servicio es de lunes a viernes de 8 de la mañana hasta las 16 horas de la tarde. El horario ideal para incorporar un pasante sería desde las 12 a las 16 para que pueda estar acompañado de personal. Actualmente, hay una persona con discapacidad intelectual trabajando de manera óptima.

Podrían incorporarse dos personas en la entrada, una persona en el mirador y una persona en Soriano; aunque tienen los puestos cubiertos de esta forma. En el corto plazo, se va a agregar un molinete más en Soriano.

El espacio en el lugar de trabajo dentro de módulos es amplio, por lo que una silla de ruedas podría circular sin inconvenientes; sin embargo, como se ve en la Figura 12, el módulo que se encuentra a la entrada cuenta con un escalón lo que complejizan el ingreso; con el módulo celeste no habría inconvenientes.

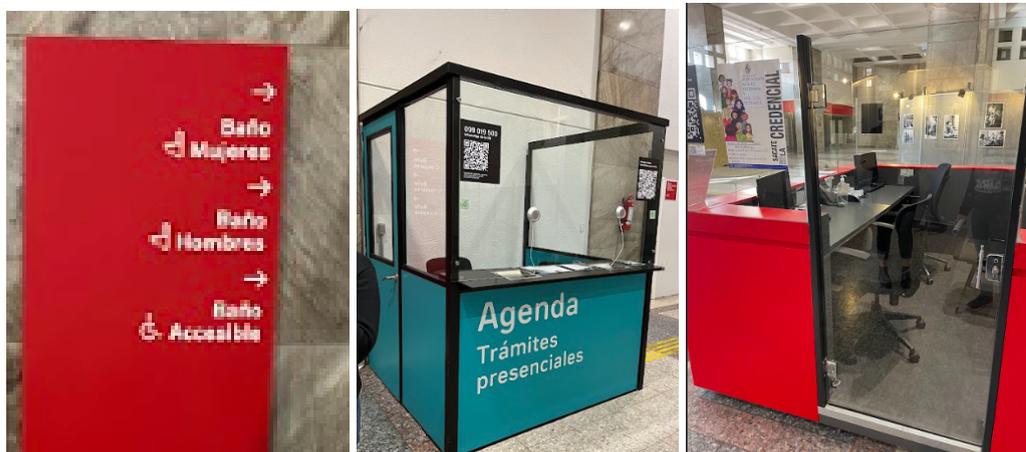


Figura 12: Señalización y módulos de informe en el atrio por 18 de Julio

## Atención Presencial y Sector Centro de Vistas y Notificaciones

El sector de atención presencial, se basa en poder brindar orientación en el inicio de trámites a través de la plataforma Tramites.gub.uy el Portal Institucional, así como el uso de formularios auxiliares para que el ciudadano pueda realizar sus solicitudes. La atención es a través de previa agenda, en donde el ciudadano debe especificar cual es el objetivo de la

misma. Esto es una gran ventaja para poder asignar trámites que son más complejos a personas con más experiencia y trámites más sencillos a nuevos ingresos. En cualquier momento se puede pedir ayuda a algún compañero y está definido qué se debe auxiliar a este. El contacto es directo con el público, en donde se tiene un pantalla en el escritorio de enfrente para que pueda ver los movimientos en la computadora, como se puede ver en la Figura 14. El ingreso se hace por la puerta que da a Soriano o San José.

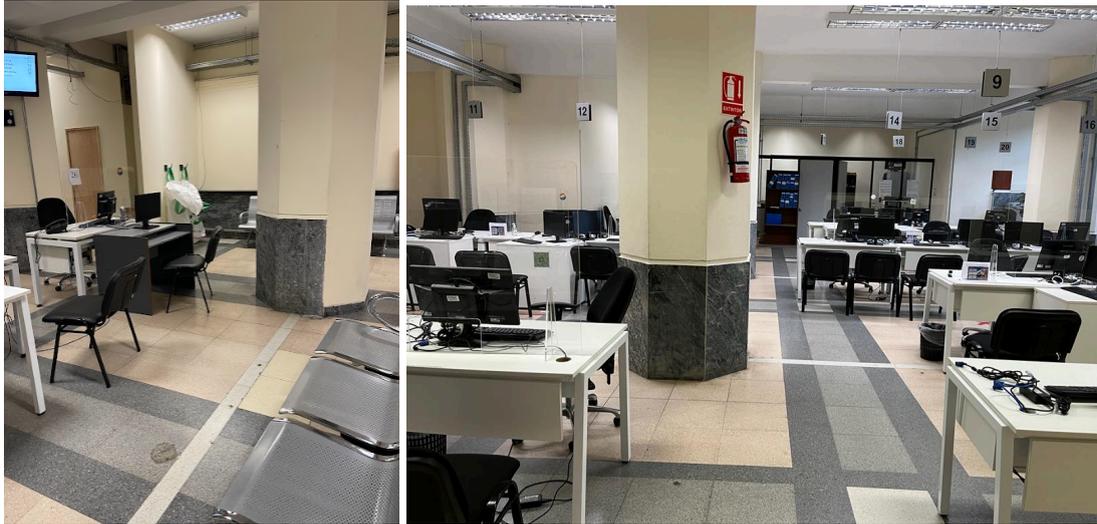


Figura 14: Oficinas de atención presencial

El piso cuenta con baño y comedor propio para los funcionarios, en donde el espacio es reducido pero sin mayores obstáculos; como se puede ver en la Figura 15.

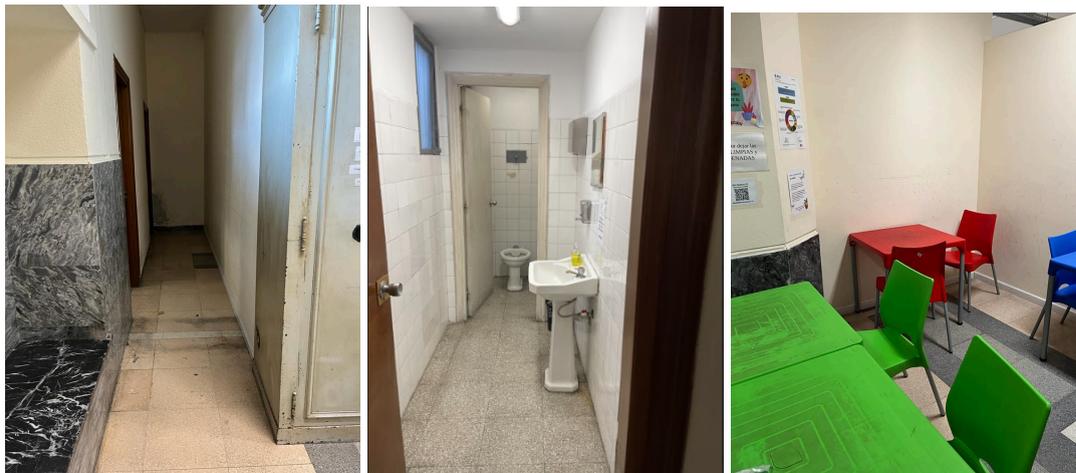


Figura 15: Pasillo de acceso a los baños, baño y comedor.

Actualmente, se encuentran trabajando un total de 40 personas, en donde consideran que es la cantidad de personal adecuada, ya que hace poco se realizó el ingreso de pasantes en las vacantes que se tenían. Los puestos de trabajo no son fijos, puede haber rotación entre ellos. Hace un tiempo estuvo trabajando una persona con discapacidad psicoanalítica, con resultados favorables. Entienden que la instancia estuvo

bueno para todo el equipo y que se pudo adaptar de forma positiva. Los horarios de trabajo son de lunes a viernes de 10 a 19 horas, en donde existen diferentes dinámicas de horario y convenio. Se entiende que el horario ideal para el ingreso de un pasante sería de 10 a 16 horas.

En cuanto a la capacitación, la realiza la supervisora implicando unas semanas, varía un poco dependiendo de la facilidad de cada persona. Luego acompaña a un compañero para que pueda ir experimentando el trato con el público, hasta que ya se considera que se puede realizar de forma autónoma.

# Conclusiones

Se presenta a modo de resumen y de forma ilustrativa una tabla con las principales características identificadas en el relevamiento. A su vez, se rellenaron formularios brindados por la Secretaría de Discapacidad de la IMM para describir cada puesto de trabajo y poder utilizar herramientas de demandas de puesto de trabajo. Se podrán encontrar adjuntas.

Oficina	Atención no presencial en Buzón ciudadano	Módulo de informes	Atención telefónica	Administración	Atención Presencial y Sector Centro de Vistas y Notificaciones
Ubicación	Piso 3 y medio	Planta baja, atrio, subsuelo por Soriano, mirador, anexo en Soriano	Piso 3 y medio	Piso 3 y medio	Subsuelo con acceso por calle San José o Soriano
Cantidad de puestos vacantes (estimado)	3	3	5	1	3
Horario	Lunes a Viernes entre 9 y 21 horas	Lunes a Viernes entre 8 y 16 horas	Lunes a Viernes entre 8 y 21 horas, y Sábados de 8 a 14 horas	Lunes a Viernes entre 10 y 16 horas	Lunes a Viernes entre 10 y 19 horas
Accesibilidad física	No	Sí	No	No	No
Accesibilidad visual	Sí, se necesita capacitación	No	Sí	No	No
Accesibilidad auditiva	Sí	No	Parcialmente	Sí	No
Experiencia previa trabajando con personas con discapacidad	Sí	No	Sí	No	No
Capacitación requerida para las tareas	Sí	No	Sí, varía según la línea	No	Sí
Cantidad de personas trabajando actualmente	17	16	92	3	36
Rotatividad de tareas	Sí	No	Bajo, pero puede haber cambio de línea	No	No
Tareas que implican movimientos físicos	No	Sí	No	Sí	No
Tareas con trato directo con el público	No	Sí	Sí	No	Sí
Tareas que puedan llevar a situaciones de estrés	Bajo	Sí	Sí	No	Sí, alto
Uso de la computadora	Sí	Algunos puestos	Sí	Algunas tareas	Sí

Como principal conclusión creemos que aún quedan aspectos que pueden hacer del SAC un lugar más accesible, tanto a nivel físico como tecnológico. Además, creemos importante que se generen métodos de capacitación en herramientas inclusivas para apoyar de mejor manera los procesos de inclusión laboral. Sin embargo, destacamos la apertura de los responsables de cada área a incorporar distintas herramientas, adaptar en lo posible los puestos y apoyar el proyecto de Pasantías Laborales.

## Apéndice C

### Anexo III: Demandas de los puestos de trabajo

Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

<b>DEMANDAS DEL PUESTO DE TRABAJO</b>		
Unidad de Trabajo: ATENCIÓN TELEFÓNICA		
Señala con una X las demandas del puesto y fundamenta:		
<b>FÍSICAS</b>		
Postura de pie		
Postura sentado	X	LAS TAREAS SE DESARROLLAN EN ESCRITORIOS PERSONALES PARA CADA TRABAJADOR, HACIENDO USO DE PC Y TELÉFONO.
Otras posturas		
Desplazamiento		
Fuerza y esfuerzo físico		
Movilidad y destreza de miembros sup.	X	
Movilidad en el cuello y tronco		
Movilidad de los miembros inferiores		
<b>SENSORIALES</b>		
Visión		NO ES REQUISITO MIENTRAS LAS PC TENGAN ALGÚN SISTEMA DE LECTURA.
Audición	X	ATENCIÓN POR TELÉFONO (EXISTE TAMBIÉN LA ATENCIÓN POR WHATSAPP)
Hablar / Expresión oral	X	
<b>COGNITIVO-INTELECTUAL</b>		
Comprensión verbal	X	
Leer	X	DEBEN RECURRIR AL MANUAL PARA RESPONDER LAS CONSULTAS Y TAMBIÉN CONTESTAR WHATSAPP WEB
Escribir	X	OCASIONALMENTE SE BRINDAN RESPUESTAS POR WHATSAPP
Aprendizaje / razonamiento		

## Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

Conocimiento numérico		
Atención / concentración	X	
<b>ACTITUD ANTE EL EMPLEO</b>		
Autonomía / iniciativa		
Responsabilidad		
Relaciones interpersonales	X	
Variedad de situaciones / adaptabilidad	X	POR MÁS QUE CADA TRABAJADOR ÉSTE ASIGNADO A UNA LÍNEA, LAS CONSULTAS DENTRO DE LA MISMA PUEDEN SER VARIADAS.

Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

<b>DEMANDAS DEL PUESTO DE TRABAJO</b>		
Unidad de Trabajo: ADMINISTRACIÓN		
Señala con una X las demandas del puesto y fundamenta:		
<b>FÍSICAS</b>		
Postura de pie	X	LAS TAREAS A DESARROLLAR IMPLICAN MOVERSE POR LAS INSTALACIONES DE LA IMM
Postura sentado	X	TAMBIÉN SE DESARROLLAN ACTIVIDADES EN LA COMPUTADORA
Otras posturas	X	CARGAR, AGACHARSE, TRASLADAR, ETC.
Desplazamiento	X	
Fuerza y esfuerzo físico	X	
Movilidad y destreza de miembros sup.	X	
Movilidad en el cuello y tronco	X	
Movilidad de los miembros inferiores	X	
<b>SENSORIALES</b>		
Visión	X	NECESARIO PARA ARMAR PEDIDOS, Y PARA PODER MOVERSE CON SEGURIDAD POR LA IMM (IDENTIFICAR OFICINAS, PERSONAS, ETC)
Audición		
Hablar / Expresión oral		
<b>COGNITIVO-INTELLECTUAL</b>		
Comprensión verbal	X	DEBER SER POSIBLE QUE LA PERSONA PUEDA COMUNICARSE CON EL RESTO PARA PODER REALIZAR LAS ACTIVIDADES
Leer	X	PARA LAS TAREAS DE EXPEDIENTES
Escribir	X	PARA REDACCIÓN DE EXPEDIENTES
Aprendizaje / razonamiento	X	MÍNIMA CAPACIDAD PARA RETENER Y PODER REPETIR ACTIVIDADES

## Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

Conocimiento numérico		
Atención / concentración		
<b>ACTITUD ANTE EL EMPLEO</b>		
Autonomía / iniciativa		
Responsabilidad	X	
Relaciones interpersonales	X	EL TRABAJO IMPLICA RELACIÓN CON OTROS MIEMBROS DE LA IMM
Variedad de situaciones / adaptabilidad		ACTIVIDADES RELATIVAMENTE MONÓTONAS

<b>DEMANDAS DEL PUESTO DE TRABAJO</b>		
Unidad de Trabajo: MÓDULO DE INFORMES		
Señala con una X las demandas del puesto y fundamenta:		
<b>FÍSICAS</b>		
Postura de pie		
Postura sentado	X	
Otras posturas		
Desplazamiento	X	EN LOS MOLINETES LAS TAREAS IMPLICAN DESPLAZAMIENTO DENTRO DEL HALL CENTRAL, MIENTRAS QUE EN MÓDULO EL TRABAJO PRINCIPAL ES SENTADO PERO OCASIONALMENTE PODRÍA IMPLICAR ALGÚN DESPLAZAMIENTO.
Fuerza y esfuerzo físico		
Movilidad y destreza de miembros sup.	X	DAR INDICACIONES A LOS USUARIOS, HACER USO DE PC
Movilidad en el cuello y tronco		
Movilidad de los miembros inferiores		
<b>SENSORIALES</b>		
Visión		NO ES EXCLUYENTE PERO IMPLICA HACER CIERTAS ADAPTACIONES
Audición	X	
Hablar / Expresión oral	X	ATENCIÓN PRESENCIAL DEL PÚBLICO
<b>COGNITIVO-INTELLECTUAL</b>		
Comprensión verbal	X	
Leer		
Escribir		
Aprendizaje / razonamiento		
Conocimiento numérico		

## Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

Atención / concentración		
<b>ACTITUD ANTE EL EMPLEO</b>		
Autonomía / iniciativa		
Responsabilidad		
Relaciones interpersonales	X	
Variedad de situaciones / adaptabilidad	X	

Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

<b>DEMANDAS DEL PUESTO DE TRABAJO</b>		
Unidad de Trabajo: ATENCIÓN PRESENCIAL Y SECTOR DE VISITAS Y NOTIFICACIÓN		
Señala con una X las demandas del puesto y fundamenta:		
<b>FÍSICAS</b>		
Postura de pie		
Postura sentado	X	
Otras posturas		
Desplazamiento		
Fuerza y esfuerzo físico		
Movilidad y destreza de miembros sup.	X	IMPLICA ATENDER AL PÚBLICO MEDIANTE UN ESCRITORIO, HACIENDO USO DE PC.
Movilidad en el cuello y tronco		
Movilidad de los miembros inferiores		
<b>SENSORIALES</b>		
Visión		NO ES REQUISITO MIENTRAS LAS PC TENGAN ALGÚN SISTEMA DE LECTURA.
Audición	X	PARA PODER ESCUCHAR AL USUARIO (ASUMIENDO QUE ÉSTE NO SABE LENGUAJE DE SEÑAS)
Hablar / Expresión oral	X	
<b>COGNITIVO-INTELLECTUAL</b>		
Comprensión verbal	X	
Leer	X	
Escribir	X	BÁSICO PARA PODER COMPLETAR UN FORMULARIO
Aprendizaje / razonamiento		
Conocimiento numérico		
Atención / concentración	X	

Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

<b>ACTITUD ANTE EL EMPLEO</b>		
Autonomía / iniciativa		
Responsabilidad	X	
Relaciones interpersonales	X	TRATO DIRECTO CON PÚBLICO
Variedad de situaciones / adaptabilidad		LOS TRÁMITES SON ESTÁNDAR, Y SE AGENDAN PREVIAMENTE.

Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

<b>DEMANDAS DEL PUESTO DE TRABAJO</b>		
Unidad de Trabajo: BUZÓN CIUDADANO		
Señala con una X las demandas del puesto y fundamenta:		
<b>FÍSICAS</b>		
Postura de pie		
Postura sentado	X	EL TRABAJO CONSISTE DE REALIZAR TAREAS EN PC
Otras posturas		
Desplazamiento		
Fuerza y esfuerzo físico		
Movilidad y destreza de miembros sup.	X	PARA PODER HACER USO DE LA PC
Movilidad en el cuello y tronco		
Movilidad de los miembros inferiores		
<b>SENSORIALES</b>		
Visión		NO ES REQUISITO MIENTRAS LAS PC TENGAN ALGÚN SISTEMA DE LECTURA.
Audición		
Hablar / Expresión oral		
<b>COGNITIVO-INTELLECTUAL</b>		
Comprensión verbal	X	DEBEN PODER COMPRENDER QUÉ SOLICITAN LOS USUARIOS Y QUÉ DICEN LOS EXPEDIENTES PARA PODER BRINDAR UNA RESPUESTA POR ESCRITO.
Leer	X	
Escribir	X	
Aprendizaje / razonamiento	X	LAS CONSULTAS / RECLAMOS SON DIVERSOS Y NO TODAS SE SOLUCIONAN IGUAL. SE DEBE CONTAR CON UN CONOCIMIENTO GLOBAL DEL

## Formulario para describir puestos – Secretaría de Discapacidad de la IMM

		FUNCIONAMIENTO DE CADA ÁREA DE LA IMM.
Conocimiento numérico		
Atención / concentración	X	PARA PODER LEER Y COMPRENDER.
<b>ACTITUD ANTE EL EMPLEO</b>		
Autonomía / iniciativa		LAS RESPUESTAS ESTÁN EN SU MAYORÍA ESTANDARIZADAS Y SINO SE DERIVAN.
Responsabilidad	X	IMPLICA PROCESOS DELICADOS, QUE DEBEN ESTAR BIEN DEFINIDOS, BRINDANDO UNA RESPUESTA ACORDE, Y SIENDO DERIVADOS A LOS SECTORES CORRESPONDIENTES.
Relaciones interpersonales	X	
Variedad de situaciones / adaptabilidad	X	



## Apéndice D

# Anexo IV: Escenario para el caso de estudio

Ver archivo .xlsm



## Apéndice E

### Anexo V: Manual de uso de herramienta práctica

---

**Manual práctico para herramienta de distribución  
de tareas en procesos productivos para la  
inclusión de personas con discapacidad**

---

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Procedimiento Excel</b>	<b>3</b>
2.1. Datos iniciales . . . . .	3
2.2. Restricciones . . . . .	3
2.3. Aspectos deseables . . . . .	4
2.4. Tareas . . . . .	4
2.5. Pasantes . . . . .	5
2.6. Características de la tarea . . . . .	5
2.7. Características del pasante . . . . .	6
2.8. Valoraciones FO . . . . .	7
2.9. Herramienta . . . . .	7
2.10. Asignación nombres . . . . .	8
2.11. Asignación . . . . .	9
2.12. Valores de los objetivos . . . . .	9
<b>3. Entorno Colab</b>	<b>10</b>
<b>4. Recomendaciones</b>	<b>12</b>

## 1. Introducción

Este manual surge a partir de un trabajo final de grado de la carrera Ingeniería en Producción, trabajando en conjunto con la Secretaría de Discapacidad y Servicio de Atención a la Ciudadanía (SAC) de la Intendencia de Montevideo, dentro del proyecto de Pasantías Laborales.

La herramienta que se presenta a continuación consta de la resolución de un modelo de programación lineal que busca asignar pasantes a tareas considerando por un lado las restricciones del puesto así como también la experiencia y capacidades de la persona. La resolución se realiza cinco veces; esto se debe a que se consideran cuatro objetivos distintos, algunos más enfocados a las personas y otros en la organización, y luego considerando todos de forma conjunta. Los objetivos son los siguientes:

1. Minimizar Prioridades: dado que los pasantes deben establecer un orden de prioridades para las tareas, se busca que sean asignados idealmente en función de sus preferencias.
2. Minimizar Puestos Extra: si bien cada puesto establece cierta cantidad de pasantes que puede aceptar, puede existir una cota superior diferente, cuya diferencia corresponde a los puestos extra. Se pretende que la ocupación de los mismos sea la mínima posible.
3. Minimizar Puestos Libres: es deseable que no queden puestos sin ocupar.
4. Maximizar Beneficios: se definen aspectos deseables para los pasantes o para el puesto y se busca que se asignen pasantes a puestos compatibles con estos beneficios.
5. Conjunta: aquí se vinculan los cuatro objetivos anteriores buscando sacar el máximo provecho posible.

Para el correcto uso de la herramienta se deberá contar con los siguientes documentos o accesos:

1. Herramienta.xlsm (archivo Excel con Macros)
2. Herramienta.ipynb (entorno Colab de Google Drive)
3. Archivos con el modelo:
  - a) prioridad.mod
  - b) puestosextra.mod
  - c) puestoslibres.mod
  - d) Beneficios.mod
  - e) mod.mod

## 2. Procedimiento Excel

La herramienta Excel está pensada para la generación de datos en el formato deseado, en el archivo se encontrarán varias pestañas donde se ingresarán los distintos parámetros para inicializar. A continuación se explica cada una de ellas:

### 2.1. Datos iniciales

Aquí se define para cuántos pasantes y cuántas tareas se correrá el problema, además se definirán cantidad de restricciones y cantidad de aspectos deseables, como muestra la Figura 1.

Se define restricción como una condición que impide que la persona pueda realizar la tarea. Pueden ser sobre las tareas a realizar o sobre las limitaciones de accesibilidad del lugar de trabajo, por ejemplo, si existen o no baños accesibles cerca, si se cuenta con lector de pantalla para personas ciegas, si se requiere realizar esfuerzos físicos, entre otras.

Por otro lado, en el conjunto de aspectos deseables se busca incluir características que aunque son deseables no son limitantes para la asignación del pasante al puesto. Por ejemplo, se valora la experiencia previa con trato al público, el manejo de determinadas herramientas tecnológicas, o que en el puesto se haya trabajado anteriormente con personas con determinada discapacidad. Incluso se puede agregar en este conjunto aspectos que sean deseables para el pasante, por ejemplo: trabajo en equipo, tareas repetitivas y bien definidas o lugar de trabajo bien iluminado, etc. El objetivo de este conjunto es que se defina según la necesidad de la evaluación a realizar.

Cantidad de tareas	0
Cantidad de pasantes	0
Cantidad de restricciones	0
Cantidad de aspectos deseables	0

Figura 1: Datos iniciales a ingresar

### 2.2. Restricciones

En esta pestaña se ingresará un nombre y una descripción para cada restricción. Ver Figura 2.

Restricciones		
Nro Referencia	Nombre	Descripción
1	Restricción 1	
2	Restricción 2	
3	Restricción 3	
4	Restricción 4	
5	Restricción 5	

Figura 2: Restricciones

### 2.3. Aspectos deseables

De forma similar, en esta pestaña se ingresará el nombre y la descripción de los aspectos deseables. Ver Figura 3.

Aspectos deseables		
Nro Referencia	Nombre	Descripción
1	Aspecto deseado 1	
2	Aspecto deseado 2	
3	Aspecto deseado 3	
4	Aspecto deseado 4	
5	Aspecto deseado 5	

Figura 3: Aspectos deseados

### 2.4. Tareas

En esta pestaña se ingresará el nombre de la tarea, y para cada una de ellas la cantidad de puestos deseables, la cantidad de puestos extra permitidos, los costos de asignar un puesto extra y los costos de dejar un puesto libre, Figura 4.

La cantidad de puestos deseables a ocupar para cada tarea refiere a la cantidad de pasantes que idealmente se requiere que ingresen según las tareas disponibles, las posibilidades de capacitación y el espacio físico en la oficina. Solo con realizar pequeñas modificaciones (cambios en los turnos de trabajo, en la disposición de los escritorios o en la división de tareas) podrían entrar algunos pasantes más de los que originalmente se dimensionaron en cada oficina, y esos se definen como la cantidad de puestos extras

permitidos. Sumadas, ambas capacidades de puestos indican el límite de asignaciones para la tarea.

Con respecto a los costos, estos no refieren a un valor monetario sino que a penalizaciones por cubrir puestos extras o no cubrir los deseados. El costo de aumentar los cupos extra se asocia a los distintos ajustes mencionados para absorber más puestos. Mientras, el costo de dejarlos libres se asocia a que quedarán necesidades sin cubrir para la tarea.

Tareas					
Nro de referencia	Tarea	Puestos deseables	Puestos extra permitidos	Costo de puesto extra	Costo de no cubrir puesto
1					
2					
3					
4					
5					

Figura 4: Datos para las tareas

### 2.5. Pasantes

En esta pestaña se ingresan los nombres de los pasantes (informativo únicamente) y las prioridades indicadas por los mismos para las tareas definidas. Ver Figura 5.

Si en alguna tarea algún pasante no indicó prioridad, se deberá indicar un número lo suficientemente grande (mayor a la mayor prioridad posible) para que corra el modelo. Por ejemplo, si son 5 tareas y un pasante indicó prioridades únicamente para tres de ellas, a las otras dos se les asigna una prioridad de 6 o más.

Pasantes		Prioridades				
Nro de referencia	Nombre	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5
1						
2						
3						
4						
5						

Figura 5: Datos a ingresar para los pasantes

### 2.6. Características de la tarea

En la Figura 6 podemos ver la pestaña correspondiente a las características de la tarea. Aparecen en una tabla de doble entrada las tareas ingresadas y la lista de restricciones y aspectos deseados, y se deberán completar con unos y ceros según los siguientes criterios:

- Para las restricciones de los puestos toma el valor 1 cuando el puesto está limitado por la restricción y 0 cuando no.

- Para los aspectos deseables el parámetro toma el valor 1 cuando el puesto se ve beneficiado por determinadas características del pasante y 0 cuando no.

	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5
Restricción 1					
Restricción 2					
Restricción 3					
Restricción 4					
Restricción 5					
Aspecto deseado 1					
Aspecto deseado 2					
Aspecto deseado 3					
Aspecto deseado 4					
Aspecto deseado 5					

Figura 6: Características de la tarea

## 2.7. Características del pasante

Esta pestaña es muy similar a la anterior pero para los pasantes, ver Figura 7. Aquí los criterios son como sigue:

- Capacidades de los pasantes basados en las restricciones de los puestos: este parámetro toma el valor 1 cuando el pasante puede ocupar un puesto que tenga la restricción y 0 cuando no.
- Experiencia y características de los pasantes según los aspectos deseables del puesto: este parámetro toma el valor 1 cuando el pasante cumple con el aspecto deseable, 0 cuando no.

	Pasante 1	Pasante 2	Pasante 3	Pasante 4	Pasante
Restricción 1					
Restricción 2					
Restricción 3					
Restricción 4					
Restricción 5					
Aspecto					

Figura 7: Características del pasante

## 2.8. Valoraciones FO

Esta pestaña se utiliza para ponderar los distintos objetivos en la quinta corrida del problema, cuando se consideran de forma conjunta los distintos objetivos. En la Figura 8 vemos cómo se asigna un valor a cada parámetro  $\alpha$ . Si este valor es el mismo para los cuatro  $\alpha$  todos los objetivos influenciarán de igual forma y con igual peso. Variando estos parámetros se lograrán resultados intermedios donde se puede hacer que pese más la prioridad de los pasantes, a costo de quizás aumentar los puestos libres o bajar los beneficios.

Parámetro	Valor	
a1	1	prioridades
a2	1	extra
a3	1	libres
a4	1	beneficios

Figura 8: Valoraciones para la ponderación de la Función Objetivo

## 2.9. Herramienta

La pestaña de *herramienta* es una pestaña importante ya que es desde donde se exporta el archivo de datos en el formato necesario. Para ello se debe presionar el botón *Descargar Datos*, que se puede ver en la Figura 9. Se descargará un archivo llamado *datos.dat* en la carpeta *Documentos* del usuario utilizando la computadora. Este archivo será necesario para correr el modelo en el entorno de Colab. Para acceder al entorno de Colab y poder obtener los resultados del problema de optimización es necesario presionar el botón *Correr herramienta*. En la Sección 3 se detalla cómo proceder para obtener la solución.



### 2.11. Asignación

Esta pestaña muestra los datos crudos, es la misma información que en la pestaña anterior pero sin formato y sin nombres ni de los pasantes ni de las tareas, tal y como se ve en la Figura 11.

<b>Pasantes</b>	<b>Prioridad</b>	<b>PuestosExtra</b>	<b>PuestosLibres</b>	<b>Beneficios</b>	<b>Conjunta</b>
1	3	4	4	4	3
2	3	4	4	4	3
3	4	4	1	1	5
4	3	3	1	3	4
5	1	3	2	1	1

Figura 11: Asignación sin etiquetas

### 2.12. Valores de los objetivos

Finalmente, esta pestaña muestra los valores que toma la función objetivo en cada una de las cinco corridas, como muestra la Figura 12.

<b>Objetivo</b>	<b>Prioridad</b>	<b>PuestosExtra</b>	<b>PuestosLibres</b>	<b>Beneficios</b>
Obj. 1	21	17	0	14
Obj. 2	65	11	0	10
Obj. 3	66	20	0	13
Obj. 4	51	20	0	17
Conjunta	26	20	0	16

Figura 12: Valores de las funciones objetivo

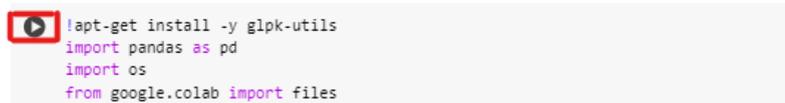
### 3. Entorno Colab

Desde el entorno de Colab la idea es subir los archivos de datos y modelo, correr el modelo en glpk y descargar los resultados en un formato sencillo e interpretable.

GLPK (GNU Linear Programming Kit) es una biblioteca de software de código abierto diseñada para resolver problemas de programación lineal (PL) y programación entera mixta (MILP).

Para poder realizar todos estos pasos es necesario primero realizar la instalación del solver e importación de librerías. Haciendo clic en el símbolo de comenzar, resaltado en la Figura 13, se importará el paquete de glpk, la biblioteca *pandas* que se utiliza para analizar datos, y los módulos *os* y *google.colab* para interactuar con la computadora y cargar y descargar archivos.

#### ▼ Instalación del solver e importación de librerías



```
!apt-get install -y glpk-utils
import pandas as pd
import os
from google.colab import files
```

Figura 13: Primer Paso: importar solver y librerías

Luego, se deberán cargar los archivos indicados en la Figura 14, primero cliqueando en el símbolo de empezar y luego en *Elegir archivos*. Los primeros cinco archivos refieren a los 5 problemas a correr, en definitiva son el mismo problema con distintos objetivos por separado o de forma conjunta. Finalmente, el archivo *datos.dat* es el generado en el Excel.

## ▼ Carga de archivos

Se deberán cargar 6 archivos:

- prioridad.mod
- puestosextra.mod
- puestoslibres.mod
- Beneficios.mod
- mod.mod
- datos.dat (generado previamente desde Excel)

```
nombre_archivo = 'datos.dat'  
os.system(f'rm {nombre_archivo}')  
from google.colab import files  
uploaded = files.upload()
```

\*\*\*  Ninguno archivo selec.

Figura 14: Segundo Paso: carga de archivos

Al realizar la carga exitosa, la pantalla se mostrará como en la Figura 15, indicando los archivos cargados. Si por algún motivo se quiere volver a correr la herramienta con otros datos dentro de la misma sesión, solo es necesario subir el archivo datos.dat.

```
nombre_archivo = 'datos.dat'  
os.system(f'rm {nombre_archivo}')  
from google.colab import files  
uploaded = files.upload()
```

6 archivos

- Beneficios.mod(video/mpeg) - 2988 bytes, last modified: 6/4/2024 - 100% done
- datos.dat(n/a) - 1443 bytes, last modified: 6/4/2024 - 100% done
- mod.mod(video/mpeg) - 3203 bytes, last modified: 6/4/2024 - 100% done
- prioridad.mod(video/mpeg) - 2988 bytes, last modified: 6/4/2024 - 100% done
- puestosextra.mod(video/mpeg) - 2992 bytes, last modified: 6/4/2024 - 100% done
- Puestoslibres.mod(video/mpeg) - 2990 bytes, last modified: 6/4/2024 - 100% done

Saving Beneficios.mod to Beneficios.mod  
Saving datos.dat to datos.dat  
Saving mod.mod to mod.mod  
Saving prioridad.mod to prioridad.mod  
Saving puestosextra.mod to puestosextra.mod  
Saving Puestoslibres.mod to Puestoslibres.mod

Figura 15: Segundo Paso: carga de archivos exitosa

Luego, se deberán correr los cinco modelos. Nuevamente se hará clic en el icono de comenzar y se iniciará la lectura de archivos y resolución del problema. Ver Figura 16.

### Resolución del problema

```
[ ] !glpsol -m prioridad.mod -d datos.dat --output s1.sol
!glpsol -m puestosextra.mod -d datos.dat --output s2.sol
!glpsol -m Puestoslibres.mod -d datos.dat --output s3.sol
!glpsol -m Beneficios.mod -d datos.dat --output s4.sol
!glpsol -m mod.mod -d datos.dat --output s5.sol
```

GLPSOL--GLPK LP/MIP Solver 5.0

Figura 16: Tercer Paso: Resolución en glpk

Finalmente, al presionar comenzar en la siguiente sección, ver Figura 17, se ordenan los resultados y se organizan en dos tablas comparativas, una para las asignaciones y otra para los valores objetivos correspondientes a las vistas en la Sección 2.11 y 2.12 respectivamente. Al finalizar se descargará un archivo llamado solucion.xlsx conteniendo estas tablas.

### Descarga de la solución

```
[ ] f = open('s1.sol', 'r')
lineas=f.readlines()
a1=[]
Beneficios1=0
PuestosLibres1=0
PuestosExtra1=0
Prioridad1=0
for linea in lineas:
    if "Beneficios" in linea:
        if len(linea.split())==3:
            Beneficios1=linea.split()[2]
    if "PLibres" in linea:
```

Figura 17: Cuarto Paso: Tabulación de resultados y descarga del archivo solución

## 4. Recomendaciones

A continuación algunas recomendaciones para un uso eficiente de la herramienta:

1. Definir cantidad de puestos entre los deseados y extra mayor o igual a la cantidad de pasantes.
2. Realizar un preprocesamiento de datos para identificar si existe algún caso muy restrictivo y evaluar la posibilidad de definir su asignación de forma manual para evitar un posible error en la herramienta.

3. Considerar que esta herramienta es una guía para la toma de decisiones y no una asignación *per se*. Es por esto que se recomienda correr la herramienta para los cuatro objetivos y analizando los resultados obtenidos definir cual sería la mejor alternativa.
4. Definir restricciones y aspectos deseables lo más objetivos posibles. De esta forma, será más sencillo determinar tanto para las tareas como para los pasantes si se cumplen o no. Para esto, se recomienda tomar como referencia las planillas de los distintos métodos ya existentes. Es importante aquí considerar un *trade-off* entre cantidad de datos a ingresar y objetividad de las categorías a evaluar.
5. Una forma de hacer menos restrictivo el problema es transformando una restricción en aspecto deseado. Aquí hay que conocer muy bien la situación para discernir entre condiciones restrictivas y aquellas que no lo son.
6. Los costos de no asignación y los costos de cubrir un puesto extra para una tarea se definen como penalizaciones y no exactamente como valores monetarios a calcular. Es por ello que hay que considerarlos en comparación con los de las otras tareas y definirlos de la forma más sencilla posible. Una forma de realizarlo es identificando la tarea dónde es más penalizable y asignarle un valor, luego en función de qué tanto menos esfuerzo implica dejar un puesto libre o ocupar uno extra, definir los siguientes.
7. La definición de los parámetros  $\alpha$  no es directa y requiere un manejo de los datos para su correcta definición. Se sugiere probar con varios valores.



## Apéndice F

# Anexo VI: Herramienta práctica y archivos para correrlo

Ver archivos en carpeta comprimida:

1. Herramienta.xlsm (archivo Excel con Macros)
2. Archivos con el modelo:
  - a)* prioridad.mod
  - b)* puestosextra.mod
  - c)* puestoslibres.mod
  - d)* Beneficios.mod
  - e)* mod.mod