

## **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE MANIPULACIÓN DE FARDOS DE TABACO**

### **IMPLEMENTATION OF A SEMIAUTOMATIC SYSTEM FOR THE TOBACCO BALES MANIPULATION**

**Konrad Godoy-Navarrete\***  
**Claudio Acuña-Correa\*\***

**Resumen:** El objetivo de esta implementación fue enfrentar un problema real en una importante empresa chilena procesadora de tabaco, donde se realizaba la manipulación manual de fardos de tabaco desde una fila de pallets cargado con seis fardos de 40 kg cada uno, hasta una cinta de transporte, paralela a la fila de pallets y ubicada a 1 m de distancia de la cinta. El desafío de ingeniería e innovación fue resolver la carga de fardos hacia la cinta de transporte de 30 m de largo, quitándole esfuerzos y posturas forzadas a los trabajadores, que realizaban esta actividad, la cual se acentuaba por su alta repetición (130 fardos por hora). El sistema implementado, que se encuentra en operación desde el año 2020, consistió en el diseño, fabricación y puesta en servicio de un sistema de rieles colgantes, por sobre la cabeza de los trabajadores, desde donde cuelga un dispositivo manipulador neumático, dirigido y comandado por una persona en bipedestación, quien lo desplaza horizontalmente hacia adelante y atrás, y hacia la derecha e izquierda, exclusivamente con fuerza humana, mediante el uso de un manubrio que además posee los comandos de accionamiento neumático, para subir y bajar un módulo de agarre de fardo, que contiene cuatro garras o cuchillas, que también son comandadas desde el manubrio, y que se insertan en el lomo de un fardo, permitiendo su atrapamiento y posterior desplazamiento hacia la cinta de transporte, en donde es liberado. El dispositivo cuenta con validación y una alta valoración de trabajadores y jefaturas.

**Palabras clave:** Innovación de procesos, sistema semiautomático, manipulación, fardos de tabaco, manubrio de comandos.

**Abstract:** The objective of this implementation was to face a real problem in an important Chilean tobacco processing company, where the manual handling of tobacco bales was carried out from a row of pallets loaded with six bales of 40 kg each, to a belt of transport, parallel to the row of pallets and located 1 m away from the belt. The challenge for Engineering and Innovation was to solve the load of bales towards the 30 m long conveyor belt, removing efforts and forced postures from the workers, who carried out this activity, which was accentuated by its high repetition (130 bales per hour). The implemented system, which has been in operation since 2020, consisted of the design, manufacture and commissioning of a hanging rail system (overhead systems), from which a pneumatic manipulator device hangs, directed and commanded by a standing person, who moves it horizontally back and forth, and to the right and left, exclusively with human force, through the use of a handlebar that also

---

\*Gravedad Zero SpA. Santiago, Chile. Correo electrónico: [kgodoy@gzero.cl](mailto:kgodoy@gzero.cl). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5810-0691>. Autor de correspondencia.

\*\*Departamento de Construcción y Prevención de Riesgos, Universidad Técnica Federico Santa María. Viña del Mar, Chile. Correo electrónico: [claudio.acuna@usm.cl](mailto:claudio.acuna@usm.cl). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7680-3067>

has pneumatic actuation commands, to raise and lower a module of bale grip, which contains four claws (blades) that are also commanded from the handlebar, and which are inserted into the back of a bale, allowing its entrapment and subsequent movement towards the conveyor belt, where it is released. The device has validation and a high evaluation of workers and managers.

**Keywords:** Process innovation, semiautomatic system, handling, tobacco bale, command's handlebar.

Recepción: 27.12.2021 / Revisión: 03.04.2022 / Aceptación: 20.04.2022

## Introducción

Durante el año 2020, una importante empresa procesadora de tabaco en Chile, licitó y contrató a la empresa Gravedad Zero SpA, el diseño e implementación de un sistema semiautomático de manipulación de fardos de tabaco, dada la necesidad de resolver una problemática de manejo manual de cargas, en una zona del proceso donde los fardos eran transferidos manualmente por dos trabajadores, hasta una cinta de transporte, a razón de 130 fardos por hora, en un turno laboral.

Este Manejo Manual de Cargas, se enmarca dentro de los requerimientos normativos establecidos en Chile, y que contemplan la Ley 20.949 de 2016, el Decreto 48 de 2018 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social y la última actualización de la Guía Técnica para la Evaluación y Control de Riesgos asociados al Manejo o Manipulación Manual de Cargas (Subsecretaría de Previsión Social del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2019).

El puesto de trabajo en particular, denominado “alimentación de fardos de tabaco a cinta de transporte”, está compuesto por dos duplas de trabajadores, y se encuentra en el inicio del proceso productivo que incorpora los fardos como bultos a una correa transportadora, y desde allí, siguen distintas etapas de fraccionado, limpieza y transformación de la hoja de tabaco, hasta convertirla en la materia prima con que se rellenan los cigarrillos.

Este trabajo se desarrolla en uno o dos turnos dependiendo de la disponibilidad de materia prima (fardos) para la campaña de producción, reservando siempre el turno de noche para realizar actividades de mantención y limpieza de los equipos del proceso.

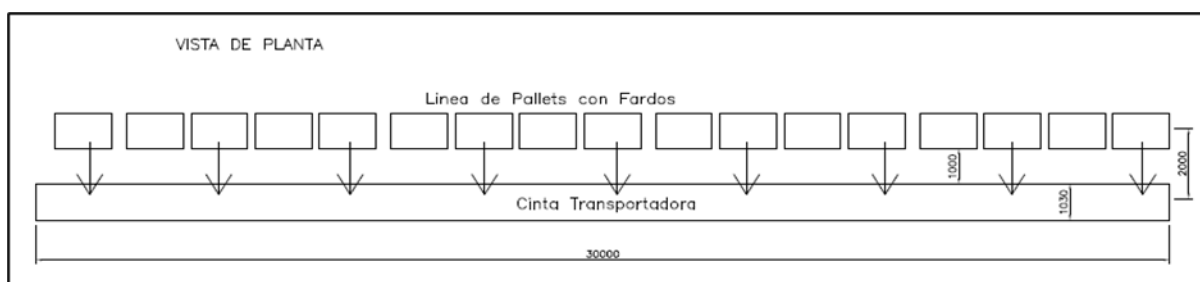
Los fardos ingresan al área de proceso, contenidos al interior de jaulas de almacenaje, denominadas pallets, las cuales contienen seis fardos ordenados en dos niveles de tres fardos cada uno (ver figura 1).

**Figura 1.** Jaula de seis fardos.



Estas jaulas llegan a un costado de una cinta de transporte de 30 metros de largo, desde donde cada uno de los fardos es extraído manualmente, y luego transferido a la cinta, ubicada aproximadamente a 1 m de distancia (ver figura 2).

**Figura 2.** Vista de planta de la cinta de transporte y la línea de pallets con fardos.



Durante más de 30 años, la acción de transferencia manual de fardos ha sido realizada por un equipo de dos trabajadores, quienes para resolver la transferencia y también dosificar el esfuerzo de manipulación de un fardo, utilizan la siguiente técnica: primero arrojan el fardo al piso, y desde allí, ambos trabajadores en posición semi-inclinada y agarrando el bulto desde sus pitillas, realizan un movimiento de péndulo para subir el fardo a la cinta de transporte.

**Figura 3.** Trabajadores en acción.



Dado que los fardos son tomados por el lomo (parte superior), las alturas de transferencia se inician a 130 cm del piso, cuando un fardo es tomado desde el nivel superior de una jaula, hasta 30 cm cuando es botado al piso, y desde allí, es elevado a 110 cm para depositarlo sobre la cinta de transporte.

Por lo tanto, el gran objetivo y desafío de este proyecto, ha sido reducir la alta manualidad de esta actividad, que es considerada como agotadora y con potencialidad para la generación de enfermedades profesionales, y de esta manera, mecanizar (tecnificar) la actividad de transferencia de fardos de tabaco, reduciendo el peso y las posturas forzadas transmitidas al personal, sin afectar la cadencia productiva de 130 fardos por hora

Dado que no existen soluciones visibles en el mercado, este desafío requirió alta innovación y desarrollo ingenieril, junto con una gran participación del cliente, que fueron gravitantes al momento de enfrentar dificultades propias del proyecto.

## **Materiales y métodos**

La primera acción correspondió a la definición del universo de fardos que debían ser manipulados, por lo tanto, se debió caracterizar el material. Los fardos de tabaco son bultos de hoja de tabaco prensada que pesan 40 kg en promedio (con un de máximo 50 kg), y poseen una geometría paralelepípedica de 50 cm de ancho por 80 cm de largo y 50 cm de alto. Además, para evitar el desarme del bulto, cada fardo viene amarrado con dos pitillas de yute, las cuales hasta ahora habían sido utilizadas como elemento de sujeción para realizar la manipulación manual, pero que en definición del cliente no podrán ser utilizadas en este desarrollo pues existe el riesgo de rotura y desarme del fardo.

Luego, para evidenciar el requerimiento de una intervención de este puesto de trabajo, se realizó una evaluación ergonómica de esta tarea con el método ergonómico RULA (Rapid Upper Limb Assessment), cuyo resultado es un puntaje vinculado con categorías de acción que orientan la prevención. Este método corresponde a un análisis codificado rápido de posturas que también considera fuerza y frecuencia (ISSL Murcia, s. f.).

Por otra parte, también se aplicó el método MAC (Manual Handling Assessment Charts), que al igual que el método RULA, requiere la observación detallada de ejecución de la tarea a evaluar, y tal como el relativo a la evaluación de riesgo por alzamiento y descenso grupal de carga, es conveniente además, consultar detalles del proceso a trabajadores, supervisores y asesores en prevención de riesgos.

En el caso del Método MAC, aplicado de forma grupal, se debe responder toda la información solicitada en la ficha respectiva. Se debe introducir la puntuación total (sumatoria de factores), que no se relaciona con un nivel de acción, sino que permite priorizar acciones correctivas y determinar el nivel de éxito de una intervención de mejora al comparar los resultados pre y post. Se sugiere intervenir en todos los factores que hayan resultado diferentes del verde, dando prioridad a aquellos de mayor nivel de riesgo. Si en la evaluación posterior a la intervención, el resultado de la sumatoria de los factores es mayor a 5, se deberá continuar con la evaluación avanzada, indicada en el Capítulo 4 de la Guía

Técnica de Manejo o Manipulación Manual de Cargas (Subsecretaría de Previsión Social del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2019).

Este proyecto requirió implementar un sistema semiautomático de transferencia de fardos, mediante un dispositivo guiado por humanos, que lograra atrapar, trasladar y liberar un fardo de tabaco, mejorando drásticamente la ergonomía de la actividad y reduciendo el manejo manual de cargas. La solución ingenieril, debió mantener el nivel de producción existente antes de la implementación, es decir, alimentar la cinta transportadora con 130 fardos por hora, por dispositivo. Dado lo anterior, se siguió una serie de etapas de ingeniería, en donde hubo una permanente y valiosa aplicación de “Ergonomía Participativa” junto al cliente y su personal operativo, tal como se describirá en los resultados.

## Resultados y discusión

Los resultados del método RULA, que se observan en la figura 4, confirman la necesidad de realizar una intervención de puesto de trabajo. El resultado de la aplicación del método MAC grupal, que se indica en la figura 5, dado que el puntaje total es 16 (superior a 5), es concluyente que se requieren aplicar medidas de mejora.

**Figura 4.** Resultados aplicación método RULA.

<b>Grupo A: análisis de brazo, antebrazo y muñeca:</b>	
Puntuación del brazo <sup>(1-8)</sup> :	<b>4</b>
Puntuación del antebrazo <sup>(1-3)</sup> :	<b>1</b>
Puntuación de la muñeca <sup>(1-4)</sup> :	<b>2</b>
Puntuación giro de muñeca <sup>(1-2)</sup> :	<b>1</b>
Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo A) <sup>(0-1)</sup> :	<b>1</b>
Puntuación de carga / fuerza (Grupo A) <sup>(0-3)</sup> :	<b>3</b>
<b>Grupo B: análisis de cuello, tronco y piernas:</b>	
Puntuación del cuello <sup>(1-8)</sup> :	<b>3</b>
Puntuación del tronco <sup>(1-8)</sup> :	<b>3</b>
Puntuación de piernas <sup>(1-2)</sup> :	<b>2</b>
Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo B) <sup>(0-1)</sup> :	<b>1</b>
Puntuación de carga / fuerza (Grupo B) <sup>(0-3)</sup> :	<b>3</b>
<b>NIVELES DE RIESGO Y ACTUACIÓN:</b>	
Puntuación final RULA <sup>(1-7)</sup> :	<b>7</b>
Nivel de riesgo <sup>(1-4)</sup> :	<b>4</b>
Actuación: <b>Se requieren análisis y cambios de manera inmediata.</b>	

**Figura 5.** Resultados aplicación método MAC Grupal.

#	Factores de Riesgo	Puntaje
A	Peso de la carga y número de trabajadores	4
B	Distancia horizontal de las manos a la región lumbar	6
C	Región vertical de levantamiento-descenso	0
D	Torsión y lateralización de tronco	2
E	Restricciones posturales	0
F	Acoplamiento mano-objeto	4
G	Superficie de trabajo	0
H	Factores ambientales (aire, temperaturas, iluminación)	0
I	Comunicación coordinación y control	0
	<b>Puntaje Total</b>	<b>16</b>

Las etapas de ingeniería desarrolladas fueron las siguientes:

#### *Primera etapa*

Estudiar cómo el trabajo manual y la experiencia de los trabajadores resuelve la transferencia de los fardos, y extraer las mejores prácticas para ser implementadas como parte del nuevo dispositivo a diseñar, sin perder la velocidad de trabajo; estudiar las condiciones espaciales involucradas, para definir los espacios vitales que requieren ser implementados; e investigar sobre la diversidad de fardos, su geometría, su nivel de compactación, su ubicación, orientación y cómo atraparlos.

Con todo esto, el compromiso fue diseñar un dispositivo que le quitase el peso y las posturas incorrectas a los trabajadores, contribuyendo a la reducción de su cansancio y exposición a accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, y que a su vez, se mantuviera el nivel productivo del puesto de trabajo.

#### *Segunda etapa*

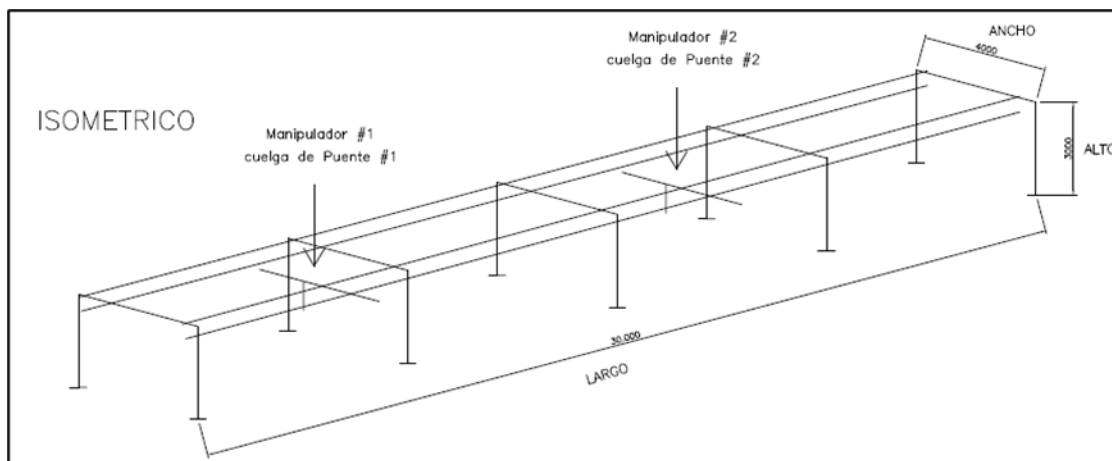
Desarrollar un puente grúa a escala humana, es decir, una estructura de rieles por sobre la cabeza, desde donde cuelgue un sistema manipulador de cargas (dispositivo), permitiendo su desplazamiento en los ejes "x" e "y", sólo con el empuje y/o tracción humana (ver figura 6). Esto requiere reducir al máximo el roce y las posibilidades de atascamiento del sistema.

**Figura 6.** Puente grúa escala humana.

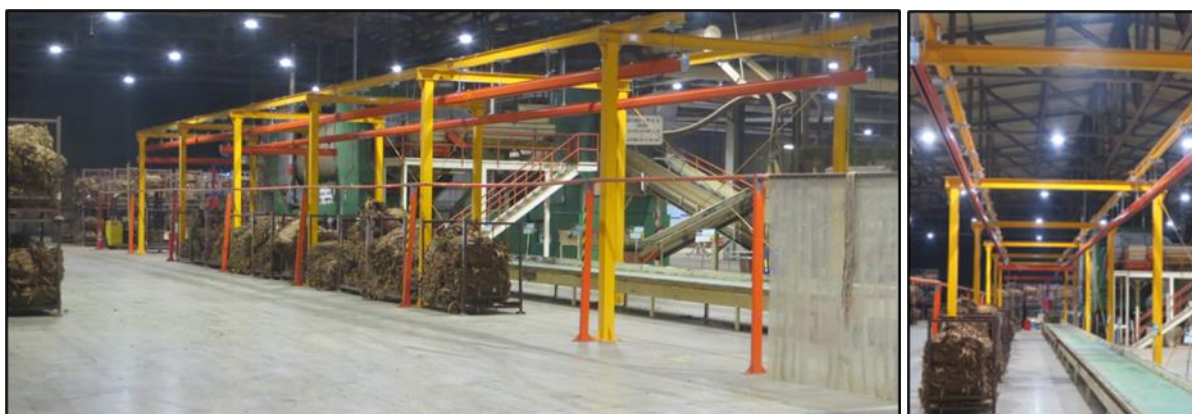


La zona efectiva de trabajo fue calculada para una cobertura de 100 m<sup>2</sup>, y para ello, se requirió diseñar una estructura soportante de 30 m de largo por 4 m de ancho (ver figura 7), desde donde cuelgan dos manipuladores independientes, denominados #1 y #2, y donde ambos cubren 15 m lineales cada uno. Por lo tanto, se definió la implementación de dos dispositivos manipuladores, los cuales individualmente cubrieron 15 metros lineales de cinta transportadora.

**Figura 7.** Esquema de la instalación.



**Figura 8.** Estructura soportante (color amarillo) y rieles colgantes (color naranja).



Las fotografías indicadas en la figura 8, ilustran la instalación final del sistema de rieles por sobre la cabeza (denominados overhead). Las estructuras en amarillo corresponden a la estructura soportante, y aquellas en color naranja, corresponden a los rieles colgantes.

#### *Tercera etapa*

Resolver el desplazamiento en el eje z, es decir, subir y bajar con el sistema manipulador para atrapar bultos entre los 30 y 130 cm de altura, para lo cual se definió utilizar un cilindro y comandos neumáticos con una carrera de 100 cm (ver figura 9) donde se destaca en amarillo el dispositivo para subir y bajar la carga, el cual es accionado por aire comprimido.

**Figura 9.** Cilindro neumático.



#### *Cuarta etapa*

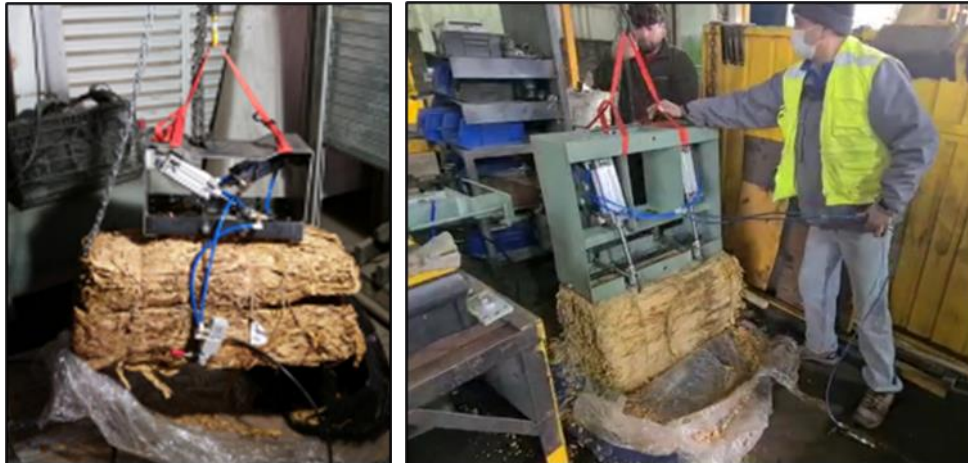
Dada la irregularidad de los fardos, y el riesgo de corte de las pitillas de yute, el cliente definió no utilizar las pitillas como elemento de agarre, por lo tanto, la solución debió atrapar el fardo como un cuerpo. Dado que los fardos vienen apretados uno contra otro en la jaula, la única opción de agarre quedó establecida sobre la superficie superior del fardo (lomo del fardo).

¿Cómo atrapar el fardo exclusivamente por el lomo? Para ello se decidió desarrollar un módulo de agarre compuesto por dos pares de garras ocultas, que al posarse sobre el lomo de un fardo, estas fueran activadas por sendos cilindros neumáticos que les permitieran incrustarse en el fardo y de esa manera atraparlo. Esto requirió diversas pruebas de penetración en un fardo, con el objetivo de confirmar el ángulo de ataque y la geometría de las garras, sumado a la resistencia desconocida que ofrecían las hojas compactadas.

En la figura 10, se comparten dos versiones del módulo de agarre durante el desarrollo de las pruebas, cuyo diseño y componentes debieron ser ajustados para conseguir el agarre óptimo y seguro.



**Figura 10.** Módulo de agarre de fardo en dos etapas del desarrollo.



*Quinta etapa*

Si el módulo de agarre sube y baja, ¿Cómo evitar que el trabajador lo guíe sin tener que agacharse? Para ello se desarrolló un manubrio de comandos anclado a la parte fija del manipulador, es decir, el operador no requiere esfuerzo para sostenerlo, y además le permite mantener siempre una postura erguida en todas las etapas de la manipulación y traslado de los fardos.

En la figura 11, se ilustran dos fotografías que muestran el manubrio, sus dimensiones, altura y disposición de comandos, todo desarrollado para ajustarse técnica y ergonómicamente a los requerimientos de un operador.

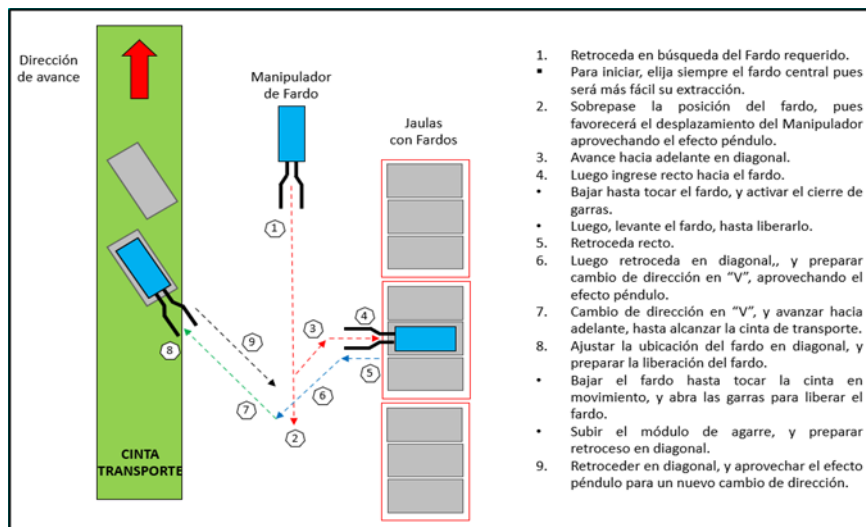
**Figura 11.** Detalle del manubrio de comandos.



Sexta etapa

Junto con la puesta en marcha, también fue necesario desarrollar una técnica muy particular para la conducción del manipulador (ver figura 12), la cual resuelve los desplazamientos laterales aplicando movimientos en diagonal que suavizan la tracción y empuje del equipo. Hoy esta técnica de funcionamiento es parte fundamental del procedimiento de trabajo.

Figura 12. Técnica de desplazamiento.



Finalmente, se realizó un proceso de inducción a trabajadores y jefaturas, acerca del uso adecuado de los manipuladores de fardos, así como también se efectuó una educación postural para cada acción realizada en este puesto de trabajo.

En la figura 13, se muestra un operador en acción realizando la extracción de un fardo desde una jaula, y luego depositándolo sobre la cinta de transporte.

Figura 13. Operador utilizando "manipulador de fardos".



Nota. Primero realiza captura de un fardo en zona de jaula y luego descarga el mismo sobre cinta

de transporte.

En estas imágenes se puede comprobar cómo el operador dejó de cargar el fardo 40 kg, y dejó de agacharse para resolver la manipulación, y hoy sólo requiere guiar la carga de manera fácil y segura, mediante el nuevo dispositivo, denominado, “manipulador de fardos”.

Después de una breve puesta en marcha, en donde se debió resolver algunas dificultades mecánicas, y desarrollar un procedimiento de trabajo apropiado a la nueva operación, el equipamiento y la operación entraron en régimen a partir de septiembre de 2020, logrando rápidamente la aceptación y valoración por parte de los trabajadores, quienes hoy en día lo exigen como herramienta de trabajo para desarrollar la carga de fardos desde jaulas hasta la cinta de transporte.

Con posterioridad, el cliente solicitó desarrollar una versión 2.0 del sistema manipulador de fardo, que permitiera alcanzar mayor altura, y cuya implementación entró en régimen en julio de 2021, siendo evaluado con un mejor desempeño que la primera versión.

## **Conclusiones**

El nuevo sistema semiautomático de manipulación de fardos de tabaco, se encuentra operativo desde septiembre 2020, y ha mejorado satisfactoriamente la exposición de los trabajadores a un trabajo previo de esfuerzo, repeticiones y posturas corporales exigentes. Este diseño e implementación ha mejorado la seguridad y salud laboral a los trabajadores (usuarios), y como resultado de esta mejora ergonómica, la empresa también ha mejorado su productividad.

Esta implementación permitió transformar, dignificar y brindar eficiencia a un puesto de trabajo, después de 30 años de realizarlo de forma manual, agotadora e intensiva, y para todos los actores participantes ha sido motivo de mucho orgullo haber sido parte de este desarrollo, considerado exitoso.

El Manipulador Semiautomático de Fardos es una innovación nacional, realizada por Gravedad Zero SpA, pero que sin duda requiere un agradecimiento especial al cliente, quién asumió el riesgo de innovar, dado que toda innovación involucra incertidumbre, y requiere la tranquilidad y comprensión para aceptar y resolver fracasos intermedios, considerando que se trata del primer dispositivo de su especie.

Así también valioso es el aporte que hace la empresa (trabajadores y jefaturas), cuando permite el desarrollo de una ergonomía participativa, pues pone al servicio del diseño, una variedad de ideas y experiencias, que en su conjunto y bien administradas, contribuyen al éxito de una implementación innovadora.

Otro punto crucial para el éxito de este proyecto, fue el aporte multidisciplinario de dos empresas colaboradoras, “Equipos Invicta” y “2veinte”, quienes aportaron infraestructura, conocimiento técnico especializado, prototipado y fabricación. Nuestro mayor agradecimiento a ambas empresas.

## Referencias

- ISSL Murcia. (s.f.). *Libro Excel para aplicación del Método RULA de evaluación ergonómica*. <http://www.infopreben.com/index.php/i-d-i-itsapreben/item/363-excel-para-aplicaci%C3%B3n-del-m%C3%A9todo-rula-de-evaluaci%C3%B3n-ergon%C3%B3mica>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2016, 17 de septiembre). Ley 20.949. *Modifica el código del trabajo para reducir el peso de las cargas de manipulación manual*. Diario Oficial de la República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1094899&idParte=9735575&idVersion=2016-09-17>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2018, 17 de enero). Decreto 48. *Introduce modificaciones en el reglamento para la aplicación de la Ley N° 20.001, que regula el peso máximo de carga humana, contenido en el Decreto Supremo N° 63, de 2005, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social*. Diario Oficial de la República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1113805>
- Subsecretaría de Previsión Social del Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2019). *Guía técnica para la evaluación y control de riesgos asociados al manejo o manipulación de manual carga*. <https://www.previsionsocial.gob.cl/sps/guia-tecnica-la-evaluacion-control-riesgos-asociados-al-manejo-manipulacion-manual-carga/>