**Peligros a tener en cuenta en la celda robotizada**

A continuación, se presenta un listado de los peligros potenciales que se deben tener en cuenta en el diseño de la celda robotizada.

1. Movimientos, normales o imprevistos, de cualquier parte del brazo del robot (incluyendo su espalda). Dado que las colisiones del robot con los operarios pueden ocurrir con cierta frecuencia, la probabilidad de este evento es catalogada como posible (3); por otro lado, como la posible colisión podrá generar traumas medianos en el operario, el impacto del incidente se establece como mayor (4). Así que tiene un **nivel de riesgo alto con un valor de (12).**
2. Movimientos, normales o imprevistos, del elemento terminal o cualquier parte móvil del robot. Ya que el efector final puede colisionar con el operario ante alguna imprudencia por parte del mismo, la probabilidad de que ocurra este evento es posible (3); dado que la posible colisión podría generar traumas medianos en el operario, el impacto del incidente se establece como mayor (4). Por tanto, se tiene un **nivel de riesgo alto con un valor de (12).**
3. Liberación no deseada de la herramienta o del efector final, pudiendo caer dicho elemento sobre la integridad del operario. Ya que la herramienta suele ir bien asegurada al robot, la probabilidad de este evento es catalogada como improbable (2); como el gripper agarra máximo cajas de 4 kg, el peso de dicha herramienta es medianamente considerable, así que se asigna un valor de impacto mayor (4). Por tanto, el **nivel de riesgo es medio con un valor de (8).**
4. Movimiento no deseado de la banda transportadora. Este suceso puede hacer que los productos terminan cayendo al piso. Ya que la lógica y programación debe ser testeada antes de poner en funcionamiento la celda robótica, la probabilidad de que ocurra dicho evento se cataloga como improbable (2) y, como el peso de las cajas es máximo 4 kg, se asigna un valor de impacto moderado (3). Así que el **nivel de riesgo resulta ser medio con un valor de (6)**.
5. Imposibilidad de salir de la celda robótica (a través de la puerta) para un operario atrapado mientras la celda funciona en su modo automático. Este es un evento que puede ocurrir con cierta frecuencia, así que su probabilidad se cataloga como posible (3); dado que un operario atrapado en una celda robótica puede sufrir múltiples lesiones, el nivel de impacto se cataloga como mayor (4). Por tanto, se tiene **un nivel de riesgo alto con un valor de (12).**
6. Ropa holgada o pelo largo con la posibilidad de enredarse en algún elemento rotatorio perteneciente al robot o a la banda transportadora. Se sugiere que los operarios usen una indumentaria adecuada y que el cabello se encuentre amarrado. Dado que se tienen pocos elementos al descubierto en la celda robotizada del proyecto, se asocia un valor de probabilidad improbable (2); ya que en casos extremos un enredo en los elementos rotatorios ha provocado la pérdida de extremidades de los operarios, el valor de impacto se cataloga como crítico (5). Así que el nivel de riesgo resultante es **riesgo medio con un valor de (10).**
7. Desactivación imprevista del elemento terminal del robot. Si el gripper está sosteniendo una de las cajas y deja de funcionar, este dejará caer el elemento resultando en un posible impacto con el operario. Debido a que el gripper tiene que ser testeado de forma correcta antes de montarlo y ponerlo a funcionar, se cataloga la probabilidad de dicho evento como improbable (2). Si el gripper sostiene la caja a gran altura, las posibles lesiones del impacto del paquete con el operario pueden ser considerables, sin embargo habrán ocasiones en que el paquete estará a baja altura y no habrían lesiones potenciales, por tanto el valor de impacto es asignado como moderado (3). Así que el **nivel de riesgo es medio (6).**
8. Contacto con componentes cargados eléctricamente. Debido a que la celda robotizada tendrá una correcta señalización de las conexiones y elementos cargados eléctricamente, la probabilidad de que un operario se vea electrocutado se ve disminuida, así que se establece un valor improbable (2); por otro lado, como la sección donde se encuentra ubicada la celda es puramente de logística, no se necesita trabajar con alta tensión así que a lo mucho las conexiones tendrán 220 VAC, tensión que no lesionará al operario de forma significativa, así que se asigna un valor de impacto menor (2). Así que el **nivel de riesgo es bajo (4).**
9. Contacto con componentes de la circuitería eléctrica y electrónica. Ya que la celda robotizada no tendrá al descubierto la mayoría de los componentes electrónicos, entonces es poco probable que el operario resulte afectado por un contacto directo con dichos elementos; así que se le asigna un valor de probabilidad improbable (2). Por otro lado, si un operario resulta afectado por el contacto con componentes electrónicos, la gravedad de las lesiones será menor porque la electrónica en esta aplicación tendrá bajos voltajes; así que se cataloga como valor de impacto menor (2). Por tanto, el **nivel de riesgo es bajo (4).**
10. El ruido de la maquinaria puede causar pérdida de equilibrio y desorientación en un operario trabajando en la celda robotizada. Dado que la aplicación es de logística, no hay presencia de máquinas que hagan un ruido significativo, así que la probabilidad que ocurra este evento es catalogada como rara (1). Por otro lado, si un operario se desorienta por el ruido, él podría chocar con los elementos de la celda causándole potenciales lesiones; así que el nivel de impacto es catalogado como mayor (4). Así que el **nivel de riesgo es medio (4).**

**Funciones de seguridad y reducción de riesgos en celda robotizada**

Dentro del manejo y reducción del riesgo, para los distintos peligros ya identificados en la sección anterior, se realizará una serie de funciones de seguridad enfocadas a minimizar dichos riesgos asociados.

1. Movimientos, normales o imprevistos, de cualquier parte del brazo del robot (incluyendo su espalda). Ya que hay riesgo de colisión del robot con cualquier operario que se encuentra dentro de la celda robotizada, se **colocarán unas cubiertas fijas que delimiten el área de trabajo del robot** y se pueda hacer una separación entre el área que pertenece a la celda robotizada y el resto del proceso.

De esta forma, la evaluación de riesgo disminuye; la probabilidad de que ocurra el evento ahora es **raro (1),** y el nivel de impacto sigue siendo **mayor (4)** ya que las medidas de reducción del riesgo fueron enfocadas a disminuir la probabilidad de ocurrencia. Finalmente se obtiene un **riesgo de valor medio (4).**

1. Movimientos, normales o imprevistos, del elemento terminal o cualquier parte móvil del robot. Ya que cualquier parte móvil puede colisionar con un operario en el interior de la celda, se mantiene la decisión de colocar **cubiertas fijas que delimiten el área de trabajo del robot**. Además, como método adicional de prevención, se colocará en la entrada de la puerta un **sensor de detección**, de tal forma que el sistema pueda saber si hay alguien en el interior de la celda robotizada y por tanto parar el proceso.

De esta forma, la evaluación del riesgo disminuye; la probabilidad de que ocurra el evento es **raro(1)**,y el nivel de impacto se conserva con un valor de **mayor (4).** Así que finalmente se obtiene un riesgo con valor **medio (4).**

1. Liberación no deseada de la herramienta o del efector final, pudiendo caer dicho elemento sobre la integridad del operario. Con las medidas que colocar una cubierta en forma de malla y adecuar un sensor de ingreso a la celda robotizada, la probabilidad de ocurrencia del evento es ahora **raro (1),** y el nivel de impacto es **mayor (4),** por tanto el riesgo total se reduce ahora a **medio (4)**.
2. Movimiento no deseado de la banda transportadora. Ya que las medidas tomadas, como lo son la cubierta en la celda robotizada y el sensor de detección, no mitigan los peligros de una banda transportadora en mal funcionamiento, el nivel de riesgo se sigue conservando con un valor de **medio (6).**
3. Imposibilidad de salir de la celda robótica (a través de la puerta) para un operario atrapado mientras la celda funciona en su modo automático. Para mitigar esta posibilidad, la puerta de la celda robotizada nunca deberá cerrarse y siempre debe permanecer abierta por si alguien se encuentra atrapado en la celda y no puede salir. Ya que adicionalmente se encuentra un sensor de detección de ingreso de operarios a la celda, la probabilidad de que ocurra el evento disminuye notablemente a **raro (1)**, y el nivel de impacto disminuye a **moderado (3),** resultando en un riesgo total catalogado como **riesgo bajo (3).**
4. Ropa holgada o pelo largo con la posibilidad de enredarse en algún elemento rotatorio perteneciente al robot o a la banda transportadora. Para tratar con ello, se deben hacer capacitaciones a los operarios acerca de cómo deben estar presentados en el trabajo por motivos de seguridad; no permitir la entrada de operarios que no vengan con el pelo recogido y que tengan en su vestimenta elementos que se puedan enredar con las máquinas como puede ser ropa holgada; y, como medida adicional, colocar letreros que recuerdan la aplicación de las mismas.

Con estas medidas, la probabilidad de que el evento ocurra es catalogada como **improbable (2),** mientras que su nivel de impacto es **mayor (4)**, resultando finalmente en un riesgo **medio (8).**

1. Desactivación imprevista del elemento terminal del robot. Teniendo en cuenta las medidas ya tomadas para mitigar riesgos, la desactivación imprevista del efector final ya no es un riesgo tan considerable; sin embargo, para disminuir aún más el riesgo de dicho peligro, se establecerá como rutina que cada cierto tiempo un operario se encargue de revisar cómo la herramienta está sujeta al robot y realice un ajuste de prevención.

Así que la ocurrencia de este evento disminuye a **raro (1)**, y el nivel de impacto se mantiene en **moderado (3),** resultando finalmente en un riesgo **bajo (3).**

1. Contacto con componentes cargados eléctricamente. para evitar incidentes, se establece que los operarios porten botas de tipo aislantes eléctricas y se debe realizar un mallado de aquellos dispositivos que se encuentren cargados eléctricamente y se les deberá colocar un letrero indicando que son componentes cargados eléctricamente.

Con estas medidas, la ocurrencia de que un operario se vea afectado por cargas eléctricas disminuye a **raro (1)**, y el nivel de impacto se mantiene en **menor (2)**, resultando finalmente en un nivel de riesgo **bajo (2).**

1. Contacto con componentes de la circuitería eléctrica y electrónica. De igual forma que en el punto anterior, se realizará un enmayado para aquellos elementos con circuitería eléctrica y electrónica, además de colocar avisos indicando que los componentes se encuentran cargados eléctricamente.

Así, la ocurrencia de este evento es **raro (1)** y el nivel de impacto es **menor (2)**, resultando finalmente en un nivel de riesgo **bajo (2).**

1. El ruido de la maquinaria puede causar pérdida de equilibrio y desorientación en un operario trabajando en la celda robotizada. Dado que la aplicación es de logística, no hay presencia de máquinas que hagan un ruido significativo, así que la probabilidad que ocurra este evento es catalogada como **rara (1)**, y el nivel de impacto **mayor (4)**, resultando finalmente en un nivel de riesgo **bajo (4).**