

## 1. Categoría MindStorms

Esta categoría está pensada para grupos de robótica novicios, los cuales pueden desarrollar actividades basadas en los populares sistemas Lego MindStorm. Los sistemas Lego MindStorms proporcionan actuadores, sensores, y partes mecánicas apropiadas para la construcción de robots, son fáciles de programar, y permiten demostrar comportamientos autónomos.

---

### Motivación

---

La motivación de esta prueba proviene de un problema frente al cuál la robótica puede ofrecer una solución alternativa y segura para las personas. El problema es la búsqueda y desactivación de minas o cargas explosivas usualmente distribuidas en áreas fronterizas o de conflictos armados. Tradicionalmente, equipos de personas buscan las cargas caminando a través de las áreas minadas. En forma visual o con sensores, estas personas intentan encontrar los explosivos evitando, al mismo tiempo, detonarlos a su paso. Máquinas inteligentes podrían realizar este mismo trabajo sin exponer vidas humanas en el proceso.



Figura 1. Experto desactivando carga explosiva después de desenterrarla

La búsqueda de cargas explosivas requiere de varias capacidades: acceso al campo minado desde un lugar seguro, recorrido del campo minado, detección de las cargas explosivas, y retorno al lugar de partida. Además de estas capacidades, el robot debe terminar el trabajo de búsqueda en un tiempo limitado, debe operar dentro o en la cercanía del campo minado, debe realizar una limpieza completa, y por último, debe evitar la detonación involuntaria de las cargas explosivas.

En la categoría Lego MindStorm de este concurso, el desafío propuesto es el diseño y programación de un robot, o equipo de robots, que accedan y recorran un campo minado simulado. El robot o equipo deberá detectar cargas explosivas simuladas y evitar pasar por sobre ellas en forma inadvertida. Los criterios de éxito son el número de cargas detectadas, la rapidez de desempeño (tiempo desde el punto de partida hasta el término de la misión), y el número de cargas detonadas inadvertidamente (las que dañan al robot).

La descripción de los elementos de juego sigue.

## Elementos de Juego

### Zona de Juego

Una zona de juego de 3 por 3 metros representa el área geográfica donde ocurre la búsqueda de cargas explosivas. En esta zona existen marcas y elementos para delimitar el campo minado, el punto de partida, la vía de acceso, la entrada al campo, y las cargas mismas. La zona de juego es plana y de un color gris claro. La Figura 2 presenta un esquema de los elementos en la zona de juego.

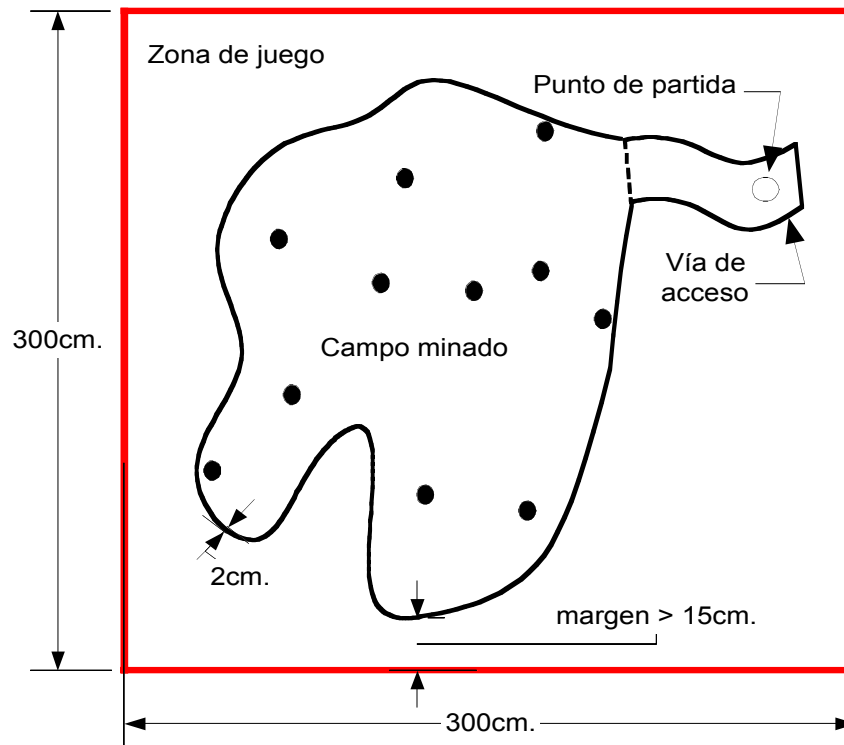


Figura 2. Esquema de la zona de juego

Una cinta roja de aproximadamente 2 cm de ancho demarca la zona de juego, la cual contiene completamente los demás elementos del juego (campo minado, vía de acceso, etc). El abandono de la zona de juego es causal de eliminación del robot.

### Campo Minado

El campo tiene formas irregulares y puede ser cóncavo. El perímetro del campo minado mantiene una distancia mínima de 15 cm desde el borde del campo de juego. Si la estrategia de búsqueda de cargas lleva al robot fuera del campo minado, tendrá este margen de 15 cm para maniobrar. La salida desde el campo de juego es tomada como pérdida de control y señal de fracaso de la misión.

El campo minado está demarcado por una cinta negra de 1.7 cm de ancho. Esta cinta es continua a lo largo del perímetro del campo minado, con excepción de la entrada al campo, donde la cinta es segmentada (ver descripción de vía de acceso). Los robots pueden salir del

campo minado y maniobrar fuera de él. Los concursantes deben considerar que el tránsito fuera del campo minado causa un tiempo de búsqueda mayor.

### Punto de Partida y Vía de Acceso

El acceso al campo minado es una vía delimitada por cinta continua en forma similar al perímetro del campo minado. Esta vía de acceso provee una guía para que el robot o equipo llegue desde el punto de partida hasta el campo minado. La vía de acceso puede tener una longitud de decenas de centímetros y varias curvas. El ancho de la vía de acceso es entre 20 y 30 cm. La entrada al campo minado está demarcada por segmentos de 3 cm de largo y espacios de 1 cm entre segmentos. Los robots pueden circular en forma segura por este camino, el cual está limpio de cargas explosivas.

### Cargas Explosivas y su Detección

Veinte fichas circulares metálicas (ferromagnéticas) de color negro y de 3 cm de diámetro representan a las cargas explosivas. El espesor de cada ficha es entre 2 a 3 mm. Cada carga tendrá un identificador único para ayudar a la evaluación del progreso de la misión.

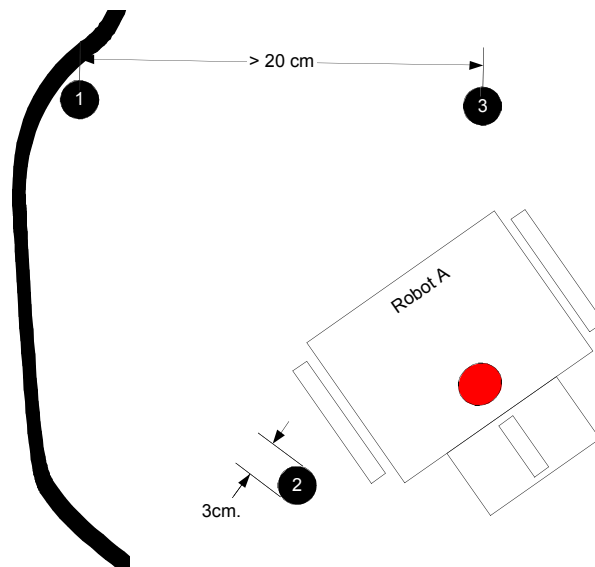


Figura 3. Distribución de las cargas explosivas

Las cargas están distribuidas en forma aleatoria. La distribución de cargas explosivas cumple con las siguientes condiciones: la mínima distancia entre dos cargas es 20 cm; las cargas pueden estar aledañas al perímetro (el círculo es tangente a la cinta del perímetro). No hay cargas en el camino de acceso.

La estrategia de detección de las cargas explosivas (detección visual o metálica) queda al criterio de cada equipo.

Los robots indican la detección de las cargas explosivas mediante una señal claramente visible para el jurado y para la cámara montada sobre el campo de juego (por ejemplo, un LED u otra señal luminosa). Además de esta señal visible, el robot debe detenerse por 10 segundos cuando acusa la detección. El propósito de esta detención es penalizar falsas detecciones con tiempo,

es decir, castiga niveles exagerados de sensibilidad de detección que llevan a falsas detecciones.

Los jueces tendrán una lista de las cargas, y marcarán cuando un robot detecta cada una de las cargas explosivas. La detección de la carga debe ocurrir antes de que el robot continúe su recorrido y deje la carga al descubierto. De otra manera, se considera que el robot falla en la detección y gatilla el estallido o detonación.

### Detonación de las Cargas Explosivas

De la misma manera como un buscador de cargas explosivas puede cometer el costoso error de activar una carga inadvertidamente, un robot busca-cargas también está expuesto a este peligro. Como las cargas explosivas tienen diversos niveles de impacto y la construcción mecánica del robot puede aguantar algún daño, el efecto de activar una carga es incierto. Es por ello que este concurso penaliza el puntaje de acuerdo con el número de cargas activadas.

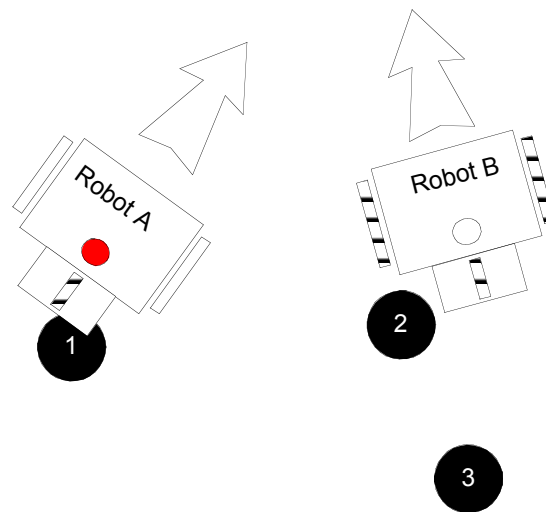


Figura 4. Robot A detecta carga explosiva #1 mientras robot B detona carga #2

Un robot detona una carga explosiva cuando el perímetro de la proyección del robot en la superficie pasa por sobre la carga, cubriéndola total o parcialmente, y luego la deja al descubierto sin acusar detección. Los concursantes deben diseñar sus robots de manera que la detección esté garantizada antes de dejar la carga al descubierto. Si no es claro si el robot pasó por sobre la carga o no, el jurado recurrirá al video filmado con la cámara sobre el campo de juego para determinar si hubo una señal visible y el computador se detuvo al menos 10 segundos.

La Figura 4. Robot A detecta carga explosiva #1 mientras robot B detona carga #2 muestra un ejemplo de detección. El robot A prende su luz (en rojo) antes de descubrir la carga explosiva 1. En cambio, el robot B pasa por sobre la carga 2 sin indicar detección. El juez anota detección para la carga 1 con puntaje a favor del robot A, y estallido para carga 2 con puntaje en contra para el robot B.

### Detección Múltiple de una Misma Carga Explosiva

La detección de una carga explosiva causa su desactivación, por lo que no es necesario detectarla nuevamente y el robot puede transitar sin peligro por sobre ella. En forma similar, una

carga no puede detonar dos veces. Por ello una carga que ha detonado no es peligrosa y los robots pueden transitar sobre ella sin peligro.

En resumen, aquellas cargas explosivas detectadas o detonadas no ofrecen peligro, pero tampoco ofrecen puntaje adicional.

Los concursantes deben considerar, eso sí, que repetidas detecciones de la misma carga explosiva demoran el término de la misión sin beneficio alguno, por lo que es conveniente evitar detecciones múltiples de una misma carga explosiva.

### **Duración y Término de la Búsqueda**

La duración de la búsqueda será de 15 minutos como máximo. La búsqueda termina cuando se cumple este período o cuando uno de los robots retorna al punto de partida. Un robot se considera de vuelta en el punto de partida cuando la proyección del robot toca el punto de partida, representado por una ficha similar a una carga. El retorno al punto de partida sólo recibe puntaje cuando el robot ha visitado el campo minado (ha traspasado completamente la línea segmentada que limita la vía de acceso y el campo minado).

---

## **Robots**

---

### **Reglas de Diseño**

Los robots usan sólo piezas de los juegos Lego MindStorm o Team Challenge 2.5 (versión con RoboLab). La programación puede ser en base a RoboLab, NQC u otro lenguaje compatible con RCX-MindStorms. EL RCX soporta sólo 3 sensores: hay un límite de 2 RCX por robot.

Además de las limitaciones a robots construidos sólo con las piezas oficiales de los sistemas Lego, cada robot debe caber, al momento de comenzar la prueba, en un cuadrado de 20 cm por lado (esto impide que haya confusiones relacionadas con detecciones de varias cargas explosivas simultáneamente).

### **Elementos no Lego**

Excepcionalmente el jurado aceptará sensores diseñados por los concursantes que funcionen en conjunto con el procesador RCX de los equipos MindStorms. Aquellos equipos que hayan desarrollado piezas adicionales que sean compatibles con los equipos MindStorms y quieran incorporarlas a sus diseños están invitados a escribirles a los organizadores para describir el nuevo elemento. Los organizadores pueden aceptar el uso del elemento propuesto bajo la condición de hacer el diseño (diagramas de circuitos, conceptos de operación, etc) públicos a los demás equipos participantes.

### **Control de los Robots**

Se entiende que los robots son autónomos. Los competidores no deben controlar directa o remotamente a los robots. Cada equipo cargará el programa en el robot y tendrá dos minutos para ubicarlo en el punto de partida. Una vez que los miembros del equipo hayan activado el robot, nadie podrá tocarlo. Este concurso enfatiza el diseño robusto y confiable, por lo que sólo habrá dos oportunidades de ejecución. Si el robot requiere intervención después de la segunda partida, será descalificado.

## Número de Robots

Es posible usar equipos de robots con tres máquinas como máximo. En este caso, los competidores disponen del mismo periodo de tiempo, dos minutos, para activar todas las máquinas en forma secuencial desde el punto de partida. En el caso de múltiples robots, no hay segunda oportunidad de comenzar la búsqueda. El uso de múltiples robots acelera la búsqueda de cargas, pero hace más difícil la planificación de esta misma. La elección del número de robots queda a entero criterio de los competidores; no hay modificación de la evaluación de la rapidez y completitud de la misión.

---

## Competencia

---

### Lugar de la Competencia

Las competencias de búsqueda de cargas ocurrirán en una sala techada, sobre canchas preparadas para este efecto. El número de campos de juego depende del número de equipos participantes.

Una cámara ubicada sobre la mesa filma cada corrida. El propósito de esta filmación es mantener un registro de todas las competencias, así como proporcionar un medio objetivo para evaluar el desempeño de los robots.

### Competencia

El robot ganador será aquel que reúna el mayor puntaje durante la duración de la búsqueda. Puntos son entregados por cuán completa y rápida sea la ejecución de la tarea. Por otro lado, hay penalización del puntaje por cuantas veces el robot haya pisado las cargas explosivas sin detectarlas. La detonación de la carga explosiva ocurre cuando alguna parte del robot pasa sobre la carga y el robot no acusa detección de ella.

La duración de la búsqueda está definida por cuando el cronómetro del jurado marca 15 minutos o por cuando el robot detecta todas las minas. Cuando todas las cargas aparecen detonadas o detectadas, el jurado anota el tiempo para el puntaje por rapidez; este instante es "duración búsqueda". Además, el robot que retorna al punto de partida gana puntaje si lo hace dentro de los 15 minutos. Por último, hay puntaje a favor para el robot que transite la vía de acceso y entre al campo minado. Este premio es de 100 puntos.

El puntaje final está dado entonces por la siguiente ecuación:  $Puntaje = 100$  (si entra al campo minado)  $+ 5 \times$  (cargas detectadas)  $- 10 \times$  (cargas detonadas)  $+ 10 \times$  (15 – minutos duración búsqueda)  $+ 50$  (si retorno al punto de partida si duración búsqueda  $< 15$  min)

Según la ecuación, un robot que encuentre todas las cargas en 12 minutos y retorna a la base obtiene  $P = 50 + 5 \times 20 + 10 \times 3 + 100 = 280$  puntos. En cambio, un robot que encuentra sólo 12 cargas y pasa por sobre 3 sin detectarlas en 15 minutos recibe  $P = 50 + 5 \times 12 - 10 \times 3 = 80$  puntos. Si un robot nada hace, recibe 0 puntos. Es posible que un robot salga al campo minado y pase por sobre varias cargas obteniendo un puntaje negativo.

### Determinación de Parámetros de Juego

El número de cargas en el campo minado, la duración máxima de la búsqueda, la duración de la detención requerida después de detección, el puntaje por carga detectada, el puntaje (en contra) por carga detonada, y el puntaje por retorno al punto de partida son parámetros del juego. Estas bases presentan valores preliminares. Estos parámetros podrán cambiar si los organizadores

estiman que los valores preliminares son imposibles de alcanzar, o si producen distorsiones al juego. Los valores finales de los puntajes estarán disponibles dos meses antes del concurso.

### Resumen de los Criterios de Evaluación

- Acceso al campo minado (50 puntos)
- Número de detecciones (5 puntos por carga detectada)
- Rapidez de la búsqueda (10 puntos por cada minuto por menos de los 15 minutos)
- Activación de cargas explosivas (descuento de 10 puntos por explosión)
- Retorno al punto de partida dentro de 15 minutos (100 puntos)

### Resumen de Restricciones

- Dos oportunidades de comenzar (sólo una para equipos de robots)
- Manos libres y autonomía completa desde dos minutos después de dar la partida
- Salida del campo de juego descalifica
- Máximo dos RCX por robot
- Tamaño robot limitado a cuadrado de 20 cm por lado

---

### Ejemplo de Estrategia de Búsqueda

Figura 5 muestra una estrategia simple de resolver el problema. Un robot que detecte el perímetro y reaccione cambiando su trayectoria en forma aleatoria podría, eventualmente, cubrir el campo minado. Esta estrategia es simple de preparar, pero no garantiza una búsqueda exhaustiva en un período de 15 minutos. Perímetros cóncavos hacen aún más difícil que este método de búsqueda tenga éxito.

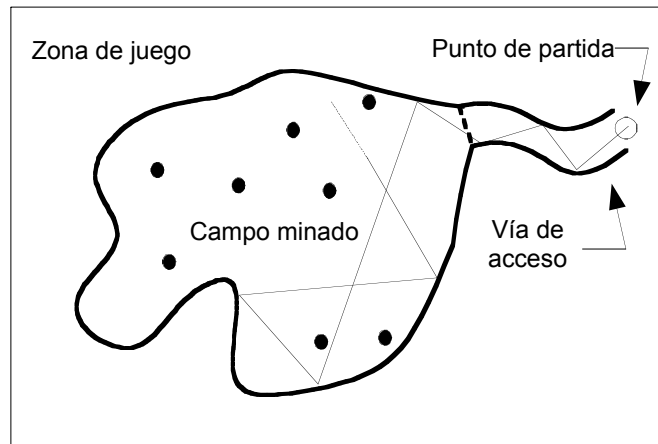


Figura 5. Ejemplo de trayectoria aleatoria