



TECNOLÓGICO DE MONTERREY®

Modelación Computacional Aplicando las Leyes de Conservación

Reporte del Reto: Simulación Computacional de Energía Perdida en un Circuito de Fórmula Uno

Integrantes:

Yusdivia Molina Román	A01653120
Jaime Arturo García Pulido	A01652094
María José Mendoza Muñiz	A01652137
Alejandro Hernández De la Torre	A01651516
Rodolfo León Gasca	A01653185

Profesores: Víctor Robledo Rella, José Martín Molina Espinosa, Héctor Zambrano.

Número de palabras: 2051

Fecha de entrega: Jueves 5 de diciembre de 2019

Abstract

En este documento analizaremos el derrape de un coche de carreras de Fórmula 1 en una pista de carreras. Utilizaremos temas de física y matemáticas durante el desarrollo del proyecto. También se considerará la participación del usuario, éste podrá elegir el peralte y el coeficiente de fricción que se tomará en cuenta durante la simulación del problema. Para poder realizar la simulación, vamos a hacer uso de un programa que se llama MATLAB para poder hacer las gráficas que representarán la pista de carreras y el coche de carreras. También se mostrará en la gráfica, la velocidad máxima que alcanza el coche, el tiempo que le toma recorrer la pista, el peralte y el coeficiente de fricción ingresado por el usuario, y la distancia del tramo de la pista que se va a simular.

Introducción

Los eventos de Fórmula 1, son carreras internacionales que se caracterizan por utilizar coches extremadamente rápidos (el récord de velocidad en un circuito de Fórmula 1 es de 378 km/h) y muy ligeros (según las regulaciones actuales, los coches deben de ser lo más ligeros y el peso mínimo debe de ser de 702 kg). Uno de los retos más importantes que tienen los pilotos de estos coches, son las curvas, pues necesitan bajar la velocidad al entrar a una curva para evitar derrapar y perder tiempo valioso de la carrera, derrapar y provocar una colisión que les podría costar la vida, entonces es necesario tener en cuenta cuál es la velocidad máxima que pueden tener estos coches en las curvas sin causar un accidente. A parte de esto, hay que tener en cuenta que la Fórmula 1 es una competencia internacional, por lo que hay muchas pistas de carreras alrededor del mundo (hasta ahorita el campeonato se ha llevado a cabo en 71 pistas distintas alrededor de todo el mundo, incluyendo México) y cada uno es diferente en cuanto a la forma del circuito, al peralte (en este caso la elevación de la pista), al asfalto, etc. Entonces en cada carrera hay diferentes factores a considerar, sin embargo para este proyecto tomamos en cuenta la mínima cantidad de variables para poder construir en MATLAB, un modelo físicamente correcto que nos ayude a simular todas estas variables en tiempo real.

Un tema muy importante que tuvimos que tener muy presente conforme fuimos realizando el proyecto, fue la conservación de la energía, pues es importante tomar en cuenta que en un sistema físicamente correcto, va a haber pérdida de energía debido a la fricción. Además a partir de la ecuación que define la conservación de la energía se pueden ir integrando otros temas como el coeficiente de fricción, lo cual es muy importante para determinar cuánta energía se pierde debido a la rugosidad del pavimento/asfalto y su contacto con las llantas. De igual forma, se aplican conceptos de diagramas de cuerpo de libre (del tipo normal y también integrados) y centros de masa para poder entender las distintas fuerzas que ejercen sobre el coche, tanto en el eje 'x' como en el 'y', y comprender la relación que hay entre ellas, incluyendo el peralte de la pista, si es que hay, al calcular la fuerza normal. También hicimos uso de las ecuaciones de momento lineal para entender qué pasaría en caso de una colisión (dependiendo si dos coches se enganchan o no después de la colisión) y aquí se vuelve a utilizar la ley de la conservación de la energía para determinar la pérdida de energía.

Planteamiento del problema

Se nos dio la tarea de analizar y modelar en un programa llamado MATLAB, el derrape de un coche de carreras de Fórmula 1. El proyecto consistía en utilizar ese programa para simular el coche, la pista de carreras, el peralte, el coeficiente de fricción de la pista y calcular la velocidad máxima del coche. Debido a el número de accidentes automovilísticos que ocurren en las pistas de la Fórmula 1, se decidió hacer una simulación que ayudara a predecir en qué partes de la pista era más probable que un coche se derrapara y que, posiblemente, chocara con las gradas en donde se encuentran los espectadores. Se espera que la simulación también tome en cuenta valores como el coeficiente de rozamiento entre las llantas de los vehículos y la pista, por otra parte el valor que se debe tomar en cuenta es el peralte de la pista, todos estos datos en conjuntos nos ayudaran para poder analizar si el riesgo de derrape aumenta o disminuye dependiendo de estos dos valores.

Datos de entrada y suposiciones

Para poder realizar la simulación de una manera eficiente y efectiva tenemos que ingresar algunos datos los cuales son nuestras variables para poder modelar esto de una manera eficiente, en este caso necesitaremos 3 datos de entrada, el primero siendo el peralte el cual se puede definir como la inclinación que tiene una pista de carreras en comparación a el centro de la pista, el segundo valor que debemos tomar en cuenta es la condición de la pista más específicamente hablando si está mojada o no, si se está mojada el coeficiente de fricción será igual a 0 mientras que en el caso de que esté seca el coeficiente antes mencionado ser 0.4 finalmente la última variable que nosotros ingresamos es la curva en la cual deseamos que nuestro automóvil derrape para poder estudiar el “fenómeno” específicamente en esa parte de nuestro trayecto, el número uno significa que deseamos que realice un derrape en la primera curva, el número 2 en la segunda y por el ultimo el numero 3 para que no realice ningún tipo de derrape. Nosotros suponemos que entre más experimentemos con estos datos podremos obtener resultados cada vez más interesantes como los efectos de un peralte alto en una pista altamente mojada, en específico nosotros tenemos la teoría de que si la pista de carreras está mojada, su coeficiente de fricción disminuye ya que es más fácil para el automóvil resbalarse. Otra teoría que tenemos es que entre más cerrada es la curva de la pista, las probabilidades de que el coche de carreras se derrape aumentan, debido a que es más difícil tomar ese tipo de curvas con una velocidad muy alta.

Análisis de datos

El objetivo del proyecto, como ya se mencionó previamente es programar una pista de Fórmula 1 que funcione conforme a las leyes y convenciones físicas reales, sin embargo, uno de los retos más importantes fue determinar cómo obtener la velocidad máxima para el circuito (dependiendo de los datos de entrada) y que de acuerdo a los mismos datos de entrada, aparecieran las gradas en un punto en el que no haya peligro de derrape. De igual forma, fue importante asegurarnos que todos los cálculos fueran en función de los datos de entrada. Otro de los retos con los que nos encontramos fue el de cómo implementar las variables del

coeficiente de rozamiento de la pista con las llantas del coche y la variable del peralte de la pista sin afectar los resultados que habíamos obtenido antes.

Para poder calcular las velocidad máximas de cada punto en los tramos de curva, utilizamos la siguiente ecuación $v = \sqrt{\frac{gr(\sin\theta + \mu_s \cos\theta)}{(\cos\theta - \mu_s \sin\theta)}}$ en todos los puntos críticos, asimismo en los primeros puntos críticos de las curvas se sacaron las tangentes y se posicionaron las gradas (patches) en la segunda tangente para evitar cualquier tipo de colisión entre un coche que se derrape al no poder dar la vuelta de manera apropiada ya sea por un coeficiente de fricción muy bajo o poco peralte combinado de un exceso de velocidad (velocidad mayor a la velocidad máxima determinada).

Por otra parte, fue importante utilizar el método de integración por trapecios de Simpson, pues debido a que es necesario saber la longitud de la pista y no es óptimo obtener su longitud por métodos tradicionales se utiliza el método de Simpson para poder obtener un aproximado de la integral de la longitud de la pista, así permitiendo seguir con los distintos cálculos necesarios para insertar en la simulación.

Resultados y Discusión

```
Introduce el tipo de derrape (1,2,3): 3
Introduce el peralte en las curvas: 60
La pista está 1=mojada o 0=seca: 1
```

Fig. 1

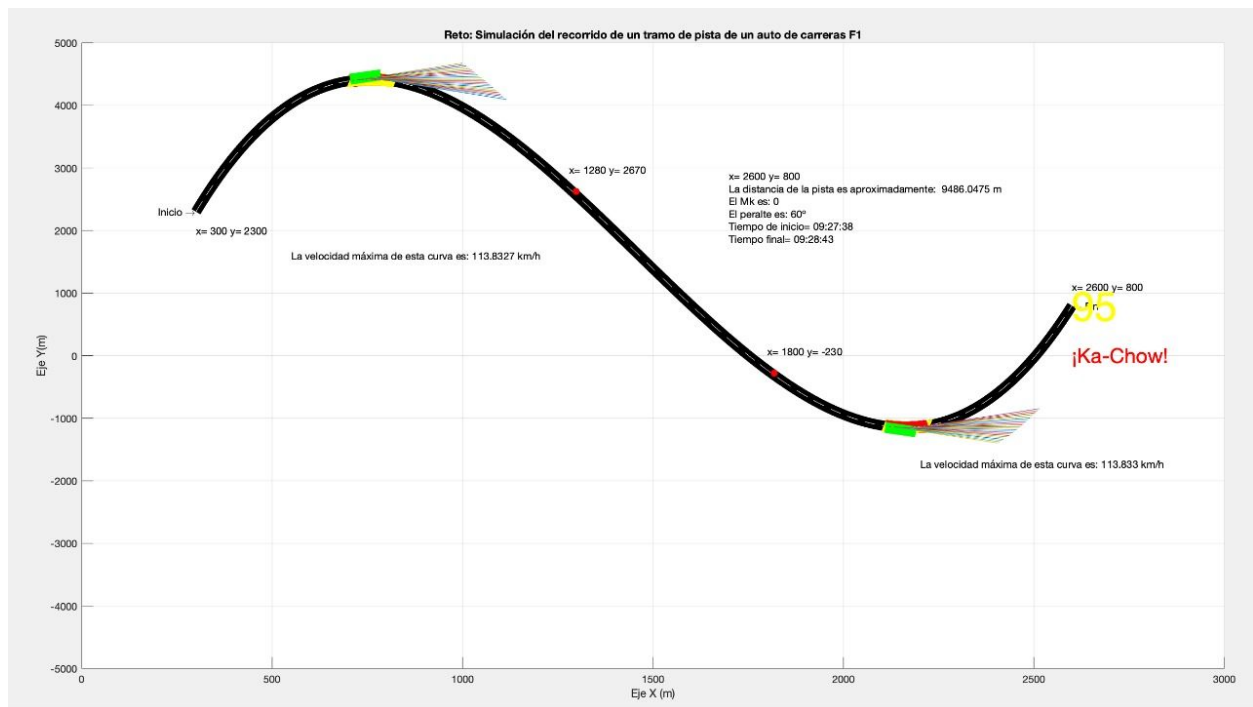


Fig. 2

En la primera imagen se muestran los valores que decidimos introducir al programa para hacer una simulación, elegimos los valores de 3 (el coche de carreras no se derrapa en ninguna curva), un peralte de la pista de 60° , y decidimos que la pista iba a estar mojada durante el recorrido, en otras palabras, la pista tendría un coeficiente de rozamiento de 0, para que el programa tuviera en cuenta un valor preestablecido para el coeficiente de rozamiento.

La gráfica que obtuvimos de la pista está mostrada en la segunda imagen. (Fig. 1 y 2)

Introduce el tipo de derrape (1,2,3): 1
 Introduce el peralte en las curvas: 5
 La pista está 1=mojada o 0=seca: 0

Fig. 3

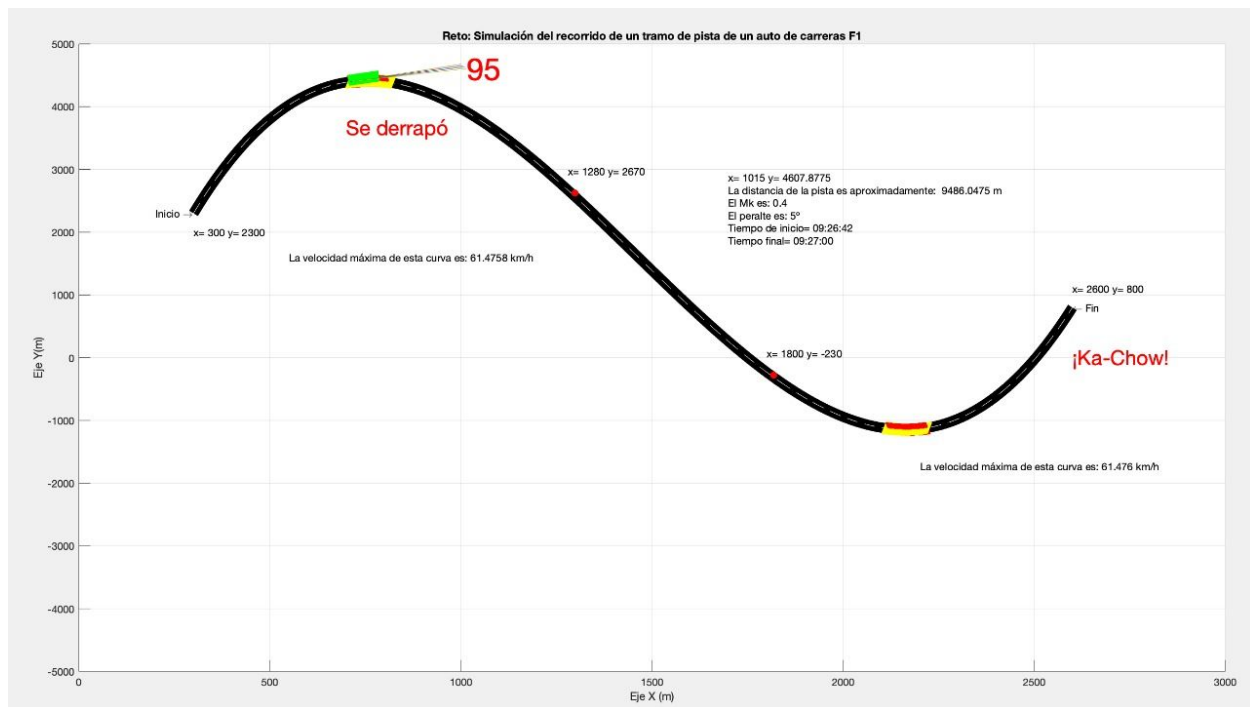


Fig. 4

Para la segunda prueba de la simulación, decidimos poner los valores de 1 (el coche de carreras se derrapa en la primera curva de la pista), el peralte de la pista sería de 5°, y por último, decidimos poner que la pista estuviera seca, por lo tanto el coeficiente de rozamiento de la pista sería de 0.4, y después analizamos la gráfica que se muestra en la segunda imagen. (Fig. 3 y 4)

Introduce el tipo de derrape (1,2,3): 2
 Introduce el peralte en las curvas: 30
 La pista está 1=mojada o 0=seca: 1

Fig. 5

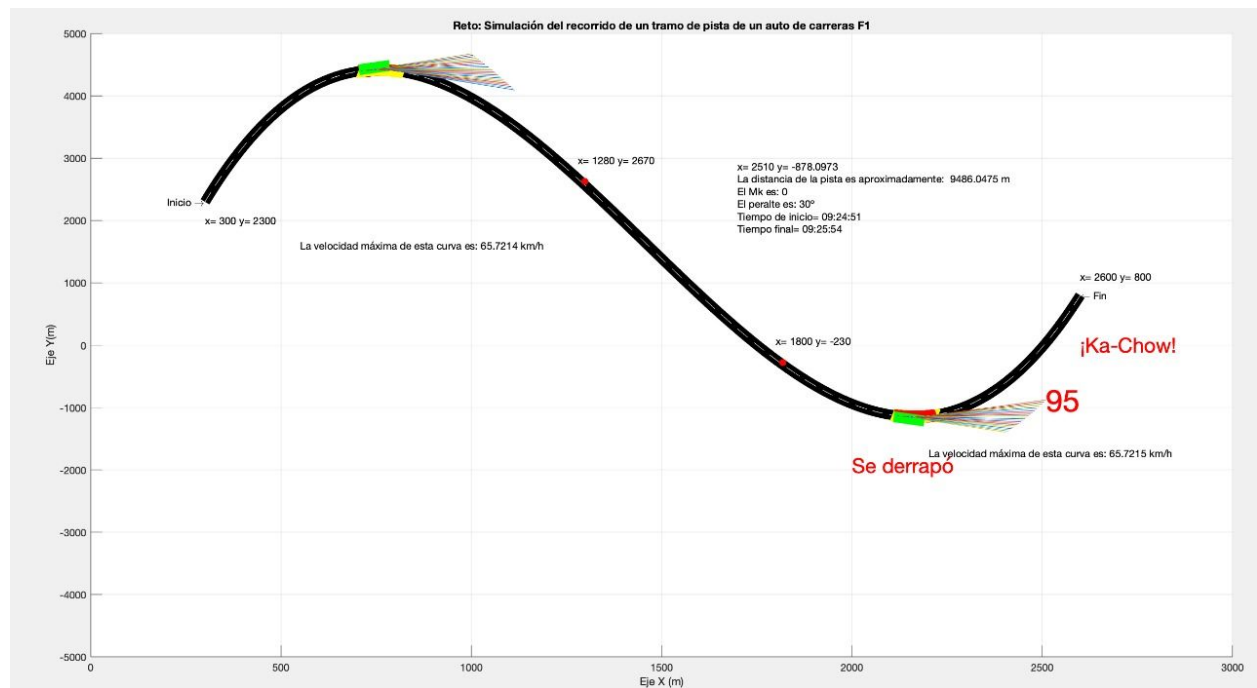


Fig. 6

Para nuestra tercer y última prueba, los valores que decidimos introducir al programa fueron, 2 (el coche de carreras se derrapa en la segunda curva de la pista), un peralte de 30°, y volvimos a decidir que la pista estaría mojada para esta simulación. La gráfica que se muestra está en la segunda imagen. (Fig. 5 y 6)


```

if abs(pendientes(i)) <1
    velocidadMax(i)= sqrt(9.81*radio(i)*((sin(peralte)+Mk*cos(peralte))/(cos(peralte)-Mk*sin(peralte))));

```

Fig. 7

En estas líneas se ve la implementación de las fórmulas físicas, en el cálculo de la velocidad máxima. Las variables que se tomaron en cuenta fueron el coeficiente de rozamiento, la gravedad, el radio, y el peralte en grados. (Fig. 7)

```

    xtangente = x(i):x(i)+80;

    btangente = y(i)-pendientes(i)*x(i);
    ytangente= pendientes(i)*xtangente+btangente-20;%20 metros arriba
    ytangente2= pendientes(i)*xtangente+btangente-30;

    plot(xtangente,ytangente,'g','LineWidth',10)
    plot(xtangente,ytangente2,'g','LineWidth',10)
    for o=0:1:10
        ytangente3= pendientes(i)*xtangente+btangente-20-o;
        plot(xtangente,ytangente3,'g','LineWidth',10)
    end

    xtangente = x(i):x(i)+80;
    btangente = y(i)-pendientes(i)*x(i);
    ytangente= pendientes(i)*xtangente+btangente+20;%20 metros arriba
    ytangente2= pendientes(i)*xtangente+btangente+30;

    plot(xtangente,ytangente,'g','LineWidth',10)
    plot(xtangente,ytangente2,'g','LineWidth',10)
    for o=0:1:10
        ytangente3= pendientes(i)*xtangente+btangente+20+o;
        plot(xtangente,ytangente3,'g','LineWidth',10)
    end

```

Fig. 8

En estas imágenes se explica cómo se calcularon las líneas tangentes a las curvas de la pista, utilizando las variables de las pendientes, y las diferentes variables que utilizamos para las tangentes. (Fig. 8)

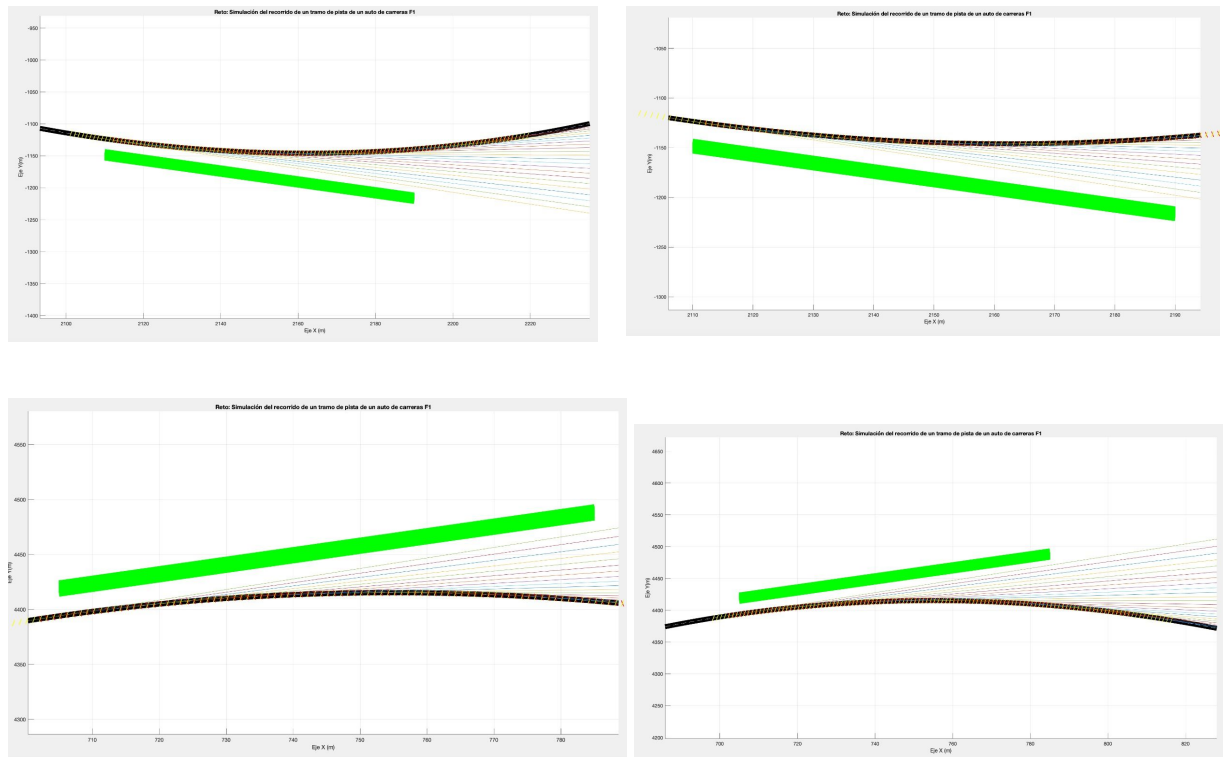


Fig. 9, 10, 11, 12

Las imágenes anteriores son el resultado del código que desarrollamos para poder calcular la distancia que debería de haber entre las gradas y la pista, para evitar el riesgo de que el coche de carreras impacte contra esta. La distancia se calculó con la recta que es tangente a la pista en ese punto de la curva, la cual está representada por una línea de color verde. (Fig. 9, 10, 11 y 12)

Conclusiones

Los temas y principios que utilizamos durante el desarrollo de este reporte fueron, conservación de la energía cinética y potencial aplicándolo en un coche de carreras, el coeficiente de fricción entre las llantas del vehículo y la pista, el peralte en grados de la pista,

primera y segunda derivada de una función cúbica, momento lineal y centro de masa del coche, la fórmula para el radio de curvatura y el de la longitud de curva de una función cúbica, ésta también se puede calcular a través de los métodos de integración de Simpson, también tuvimos que entender el concepto de matrices inversas, sobre todo cuando quisiéramos poner las variables de 'x' en la función cúbica en el código de MATLAB. También tuvimos que aprender varios conceptos de computación para poder transformar los conceptos anteriores al lenguaje de MATLAB para poder hacer la simulación. En pocas palabras utilizamos temas de física, matemáticas y computación para poder hacer la simulación en MATLAB. Después de que tuviéramos el resultado del conjunto de todos estos temas nos dimos cuenta que las cosas que suelen parecer sencillas a pleno ojo humano o las preguntas que haría un niño de 6 años como el por qué un coche de carreras pierde el control en una curva o por que una carretera mojada es más peligrosa son realmente complejos, también pudimos darnos una vaga idea del labor de proporciones titánicas como una industria del entretenimiento como las carreras automotrices y los mismos diseñadores de la atracción principal de estos espectáculos es decir los automotores deben de tener en cuenta todos estas variables de riesgo para poder llevar a cabo estas demostraciones, por esta razón tomamos en cuenta el factor de una pista mojada ya que la vuelve exponencialmente más peligrosa y también la inclusión de las gradas a las cuales un espectador se asegura no recibir algún daño si alguno de estos cálculos o simplemente algún factor externo como el conductor falla, incluyendo estas medidas y cuidados extras nos damos cuenta de nuestro trabajo como futuros ingenieros el cual es hacer la vida de los demás más sencilla, práctica y segura. Después de percatarnos de este tipo de detalles que se tomaron en cuenta intencionalmente por los diseñadores del curso, nos hizo reflexionar sobre el mensaje que nos querían transmitir para ejercer nuestro labor en el mundo como futuros ingenieros, independientemente de la rama de ingeniería en la cual nos queramos desenvolver, debemos de tomar en cuenta todas las situaciones peligrosas que se pueden suscitar en nuestro campo laboral para así poder prevenir problemas legales, morales e incluso personales.

Referencias

Circuitos F1 utilizados desde la primera temporada de Fórmula 1 en 1950 | F1-Fansite.com. (2019). Recuperado: 5 diciembre 2019, de <https://www.f1-fansite.com/es/circuitos-f1/>

El peso mínimo de los monoplazas de F1 aumenta. (2019). Recuperado: 5 diciembre 2019, de <https://www.mundodeportivo.com/motor/f1/20170202/413954631705/el-peso-minimo-de-los-monoplazas-de-f1-aumenta.html>

F-1 2019: todas las carreras de la temporada. (2019). Recuperado: 5 diciembre 2019, de https://www.espn.com.mx/deporte-motor/f1/nota/_/id/5354427/f-1-2019-todas-las-carreras-de-la-temporada

Halliday, D. and Resnick, R. (2002). *Fundamentos de física*. 5th ed. Grupo Gen - LTC.

Lara-Barragán Gómez, A., Cerpa Cortéz, G. and Núñez Trejo, H. (2003). *Introducción a la física*. Guadalajara, Jal.: Editorial Universitaria, Universidad de Guadalajara.