



Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

Modelación computacional aplicando leyes de conservación

Simulación computacional de energía perdida en un circuito de

Fórmula Uno

Grupo 1

Campus Querétaro

Equipo 5

Profesor:

Mauricio Guerra

Presentan:

A01703556	Arriaga Alcántara Ariann Fernando
A01703936	Guanipa Ugas Samantha Daniela
A01703523	Santana Blanco Salvador
A01705090	Nieto Espitia Oscar Eduardo

11 de noviembre de 2020

LISTA DE CONTENIDOS

Portada	... 1
Lista de contenidos	... 2
Resumen	... 3
Lista de figuras	... 3
Introducción	... 4
Antecedentes y Teoría	... 13
Experimentación	... 18
Resultados	... 20
Conclusiones	... 21
Referencias	... 22
Apéndices	... 23

1. Lista de figuras

3-. Introducción

Figura 3.1 (Representación gráfica sobre los puntos que seguirá la pista)

Figura 3.2 (Representación gráfica sobre el modelado de la pista)

Figura 3.3 (Representación gráfica sobre los puntos de derrape cuando el radio de curvatura es menor a 100)

Figura 3.4 (Representación gráfica sobre donde podrían ir las gradas dependiendo del radio de curvatura)

Figura 3.5 (Representación gráfica sobre dónde podrían ir las gradas dependiendo del radio de curvatura)

4-. Antecedentes y Teoría

Figura 4.1 (Colisión de dos automóviles)

Figura 4.2 (Colisión de un automóvil contra una barrera)

Figura 4.3 (Colisión de un automóvil contra una barrera)

5-. Experimentación

Figura 5.1 (Representación gráfica sobre la velocidad máxima del vehículo)

Figura 5.2 (Pérdida de calor acumulado en la simulación)

Figura 5.3 (Perfiles de aceleración y desaceleración del vehículo)

Figura 5.4 (Ubicación de las gradas dependiendo del derrape del vehículo)

6-. Resultados

Figura 6.1 (Representación gráfica sobre el derrape del automóvil)

Figura 6.2 (Representación gráfica sobre el movimiento del automóvil a través de la pista)

2. Resumen

En el proyecto donde se nos presentó el reto de simular una parte de una pista de carreras para poder posicionar las gradas en una zona segura, se tuvo que tomar en cuenta varias características, tanto de la pista como del vehículo. La simulación se realizó en matlab, gracias a esto pudimos modelar un sistema que encontrará los puntos posibles de derrape y por consiguiente encontrar las zonas seguras sobre donde poner las gradas.

3. Introducción

Las carreras de Fórmula 1 se realizan con automóviles muy ligeros y de dimensiones muy pequeñas para tener una menor resistencia al viento. Los diseños de estos automóviles permiten evitar el riesgo de accidentes en la pista de carreras tanto para los competidores como para los observadores.

En el siguiente proyecto, se determinará la ubicación de las gradas en un lugar seguro para los espectadores y garantizando un excelente punto de observación en este deporte. Para ello se deberá presentar la simulación de un auto al correr por la pista en la zona de rectas y en la zona de curvas propuesta realizando dos simulaciones, una que siga por la pista y otra que se salga de la pista.

Planteamiento

El aplicar las matemáticas a los problemas de la vida real comprende tres etapas. Primero se comprende el problema a términos matemáticos; generar una función polinomial de grado cuatro para el trazado de una sección de pista de carreras a partir de varias coordenadas en el plano. La sección de la pista debe de tener un recorrido entre 3 a 5 kilómetros, una de las curvas debe de tener un radio crítico menor a 100 metros y las gradas deben de estar en la zona con mejor vista pero respetando el espacio de seguridad. El segundo paso consiste en la solución del problema matemático, para esto decidimos usar la herramienta MATLAB para la representación y solución del problema, con este fin representamos la pista mediante puntos de coordenadas para generar una función polinomial que pase por dichos puntos. Como último paso interpretamos la respuesta matemática en términos del problema original, es decir, graficar la función que describe el comportamiento de la sección de pista.

Metodología

Para encontrar la ecuación que da la solución matemática al reto se utilizó la función polyfit, estableciendo 5 puntos y añadiendo el grado cuatro. Posteriormente se graficó la función y a partir de ella se pudo continuar con el desarrollo del reto.

Utilizando Matlab, pudimos encontrar una solución matemática al reto, con este software pudimos resolver todos los cálculos para encontrar el radio de curvatura, la longitud de recta, las rectas tangentes y los puntos críticos. Agrupando todos estos cálculos pudimos programar una modelación de nuestra función polinomial y establecer las secciones de gradas.

Modelación

Como se mencionó anteriormente, usamos una serie de puntos para representar el movimiento de la pista, y con la función “polyfit” se especificó que generará una función de grado cuatro con los puntos definidos para después graficar.

P1(300, 1100)

P2(490, 1860)

P3(1245, 980)

P4(2000, 100)

P5(2800, 1200)

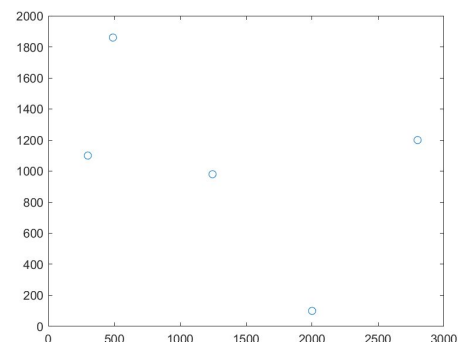
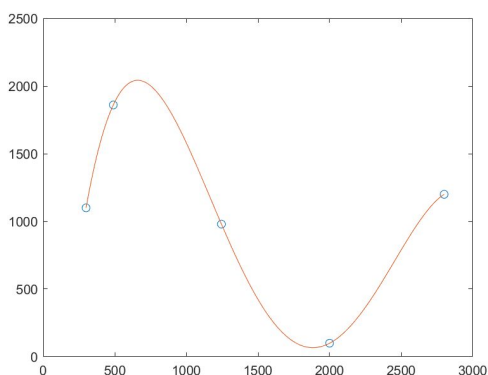


Figura 3.1



Con los puntos ya trazados podemos generar una función que se aproxime a estos puntos, para esto usamos “polyfit” que genera una función que devuelve los coeficientes para un polinomio de grado n.

Entrega valores de a3,a2,a1,a0.

Función:

$$-0.000000001003x^4 + 0.000007263553x^3 - 0.017227055831x^2 + 14.405561210864x - 1859.222888746768$$

Validación

Como se puede observar en el modelado de la pista, el punto inicial de la misma es de (300,1100) y por su punto final (2800,1200), cumpliendo con las coordenadas de inicio dadas.

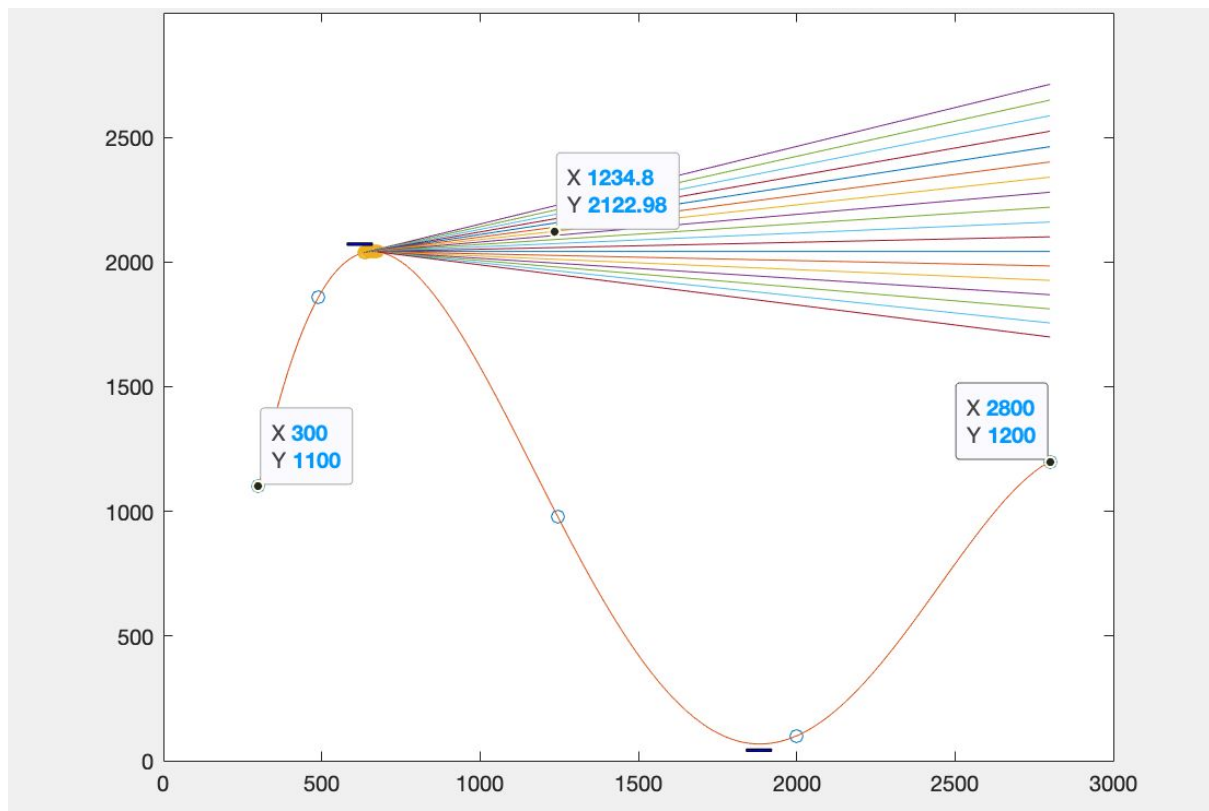


Figura 3.2

Para lograrlo, se establecieron las coordenadas al inicio del código y con ellas se establecieron los siguientes cinco puntos necesarios para la realización de la pista.

Demostración de longitud de curva entre Pi y Pf es mayor o igual a 3 km y menor o igual a 5 km.

Para lograr que la longitud de curva entre el punto inicial y final fuera mayor o igual a 3 km y menor o igual a 5 km usamos la función polyval que evalúa una función de grado n, colocamos como referencia nuestro punto inicial de la pista y nuestro punto final. “La longitud de curva es la medida del camino recorrido, o la distancia a lo largo de una dimensión lineal”. (Aguilar, 2011)

Esta nos indicaría el recorrido de la pista a realizar, y es algo muy importante de calcular porque al ser una pista de carreras, esta tiene que cumplir con ciertas regulaciones de diseño, lo que nos lleva a implementarlo en este proyecto. Al utilizar este concepto en nuestro reto, obtuvimos una longitud de curva de 4.97 km, entrando dentro del rango establecido.

Máximos y mínimos

Para encontrar los máximos y mínimos de la función utilizamos cálculo diferencial. Para esto, sacamos la primera derivada de nuestra función polinomial de cuarto grado, y posteriormente utilizamos el criterio de la segunda derivada.

$$\begin{aligned} \text{puntos extremos } f(x) = & -0.000000001003x^4 \\ & + 0.000007263553x^3 - 0.017227055831x^2 \\ & + 14.405561210864x - 1859.222888746768 \end{aligned}$$

$$\text{Máximo}(661.25971\dots, 2045.34833\dots) \quad \text{Mínimo}(1876.60801\dots, 95.28140\dots)$$

Como forma de comprobación se implementó dentro del proyecto con el fin de tener representada la información dentro del código en Matlab. Para esto se utilizó la derivada de la función que representa el comportamiento de la pista y con la librería “solve” se despejó los posibles valores de x para así obtener máximos y mínimos. Se usó la librería “pretty” para la interpretación del resultado.

Zona crítica

Para calcular la zona crítica que es donde el radio es menor a 100 metros, se necesita calcular el radio de curvatura, el cual obtuvimos por medio de una función que hacía uso de la primera y segunda derivada de una función evaluadas en un punto en específico, debido a que la primera derivada determina los puntos máximos y mínimos relativos de la función. Por otra parte, la segunda derivada indicó la concavidad de la gráfica de la función desarrollada.

La fórmula del radio de curvatura es:

$$\rho = \frac{ds}{d\theta} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx}{d \arctan \frac{dy}{dx}} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx}{\frac{\frac{d^2y}{dx^2} dx}{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}} = \frac{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

Coordenadas de los puntos de posible derrape

Las coordenadas del posible derrape son todos los puntos de la curva donde el radio de curvatura es menor de 100 m. Para determinar estos puntos, se hizo uso de la función “radioCurva” ubicada en el código.

Los puntos son los siguientes:

- P1 (632.833, 2037.98)
- P2 (635.335, 2038.72)
- P3 (637.838, 2039.39)
- P4 (640.34, 2039.99)
- P5 (642.843, 2040.52)
- P6 (645.345, 2040.97)
- P7 (647.848, 2041.35)
- P8 (650.35, 2041.67)

P9	(652.853, 2041.91)
P10	(655.355, 2042.08)
P11	(657.858, 2042.19)
P12	(660.36, 2042.22)
P13	(662.863, 2042.19)
P14	(665.365, 2042.08)
P15	(667.868, 2041.92)
P16	(670.37, 2041.68)
P17	(672.873, 2041.38)
P18	(675.375, 2041.01)

Ecuaciones de las rectas tangentes

Las rectas tangentes de la función se calcularon por medio de la primer derivada de la función evaluada en cada punto en la curva con un radio menor a 100 metros que equivale al punto de derrape, de esta manera obtuvimos 18 rectas tangentes:

$$1) \quad y = \frac{3}{10}x + 1840.9$$

$$2) \quad y = \frac{3}{10}x + 1859.4$$

$$3) \quad y = \frac{3}{10}x + 1877.8$$

$$4) \quad y = \frac{1}{5}x + 1896.2$$

$$5) \quad y = \frac{1}{5}x + 1914.6$$

$$6) \quad y = \frac{1}{5}x + 1933$$

$$7) \quad y = \frac{1}{10}x + 1951.3$$

$$8) \quad y = \frac{1}{10}x + 1969.5$$

$$9) \quad y = \frac{1}{10}x + 1987.7$$

$$10) \quad y = \frac{1}{10}x + 2005.9$$

$$11) \quad y = \frac{1}{100}x + 2024$$

$$12) \quad y = \frac{1}{100}x + 2042.1$$

$$13) \quad y = -\frac{1}{100}x + 2060.1$$

$$14) \quad y = -\frac{1}{10}x + 2078.1$$

$$15) \quad y = -\frac{1}{10}x + 2096$$

$$16) \quad y = -\frac{1}{10}x + 2113.9$$

$$17) \quad y = -\frac{1}{10}x + 2131.8$$

$$18) \quad y = -\frac{1}{5}x + 2149.6$$

Ubicación de las gradas (coordenadas de sus extremos), respetando el espacio de seguridad.

Para establecer la ubicación de las gradas en el modelado, nos basamos en las dimensiones del problema planteado al inicio del reto. Tomando en cuenta las distancias apropiadas en las zonas de alta acción (las curvas), en el código. Esto se realizó por medio de la función “patch” de MatLab.

La grada 1 se encuentra en

(580, 2077.16) a (660, 2077.16)

(580, 2067.16) a (660, 2067.16)

La grada 2 se encuentra en:

(1841, 47) a (1921, 47)

(1841, 37) a (1921, 377)

Plano Gráficas

Pista completa:

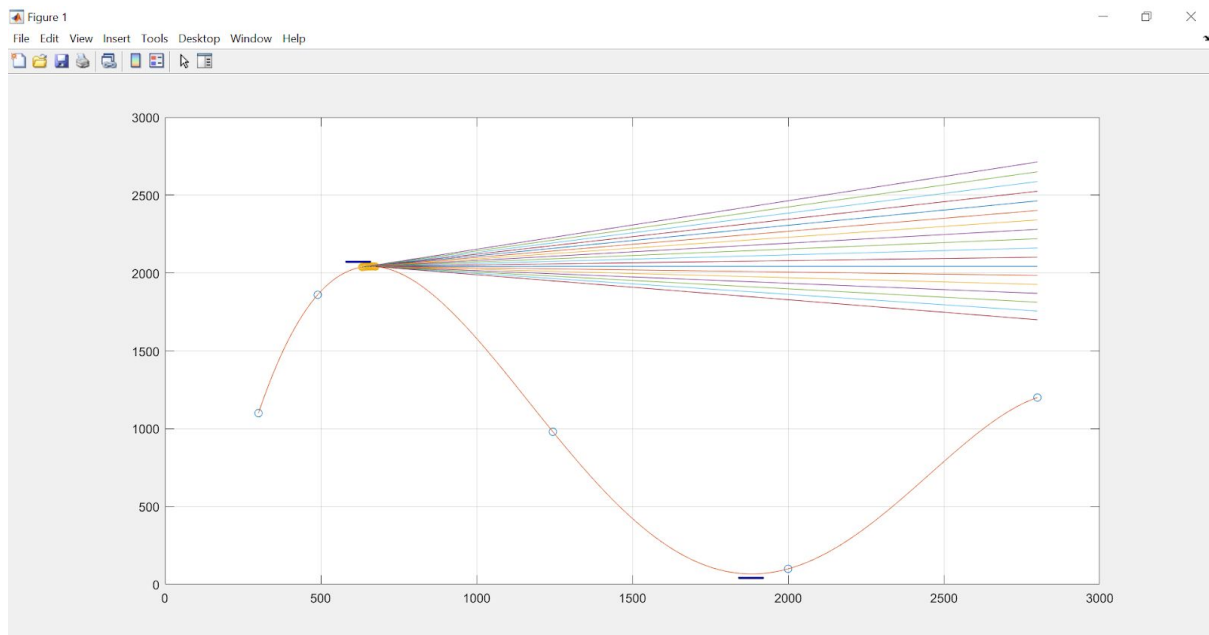


Figura 3.3

Curva 1:

En esta curva se encuentra el punto máximo y también es donde se encuentran los puntos de derrape, marcados por las rectas tangentes, pasando por debajo de la grada 1.

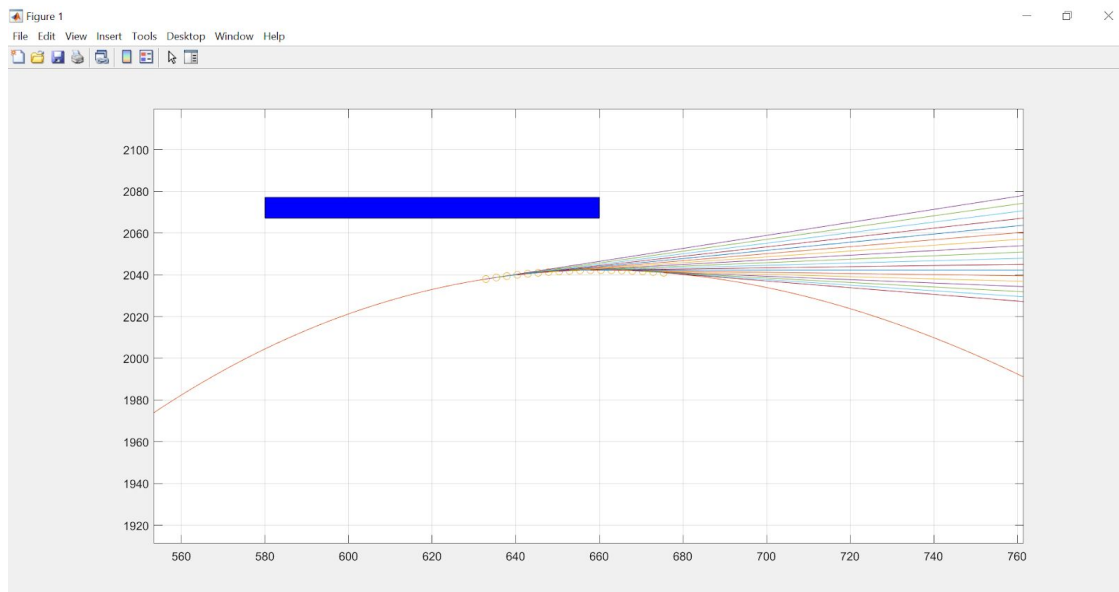


Figura 3.4

Curva 2:

En esta segunda curva el radio de curvatura es mayor que el de la curva 1, por lo tanto no hay puntos de derrape y no hay riesgos de colocar la grada 2 en cualquier lugar alrededor de la curva.

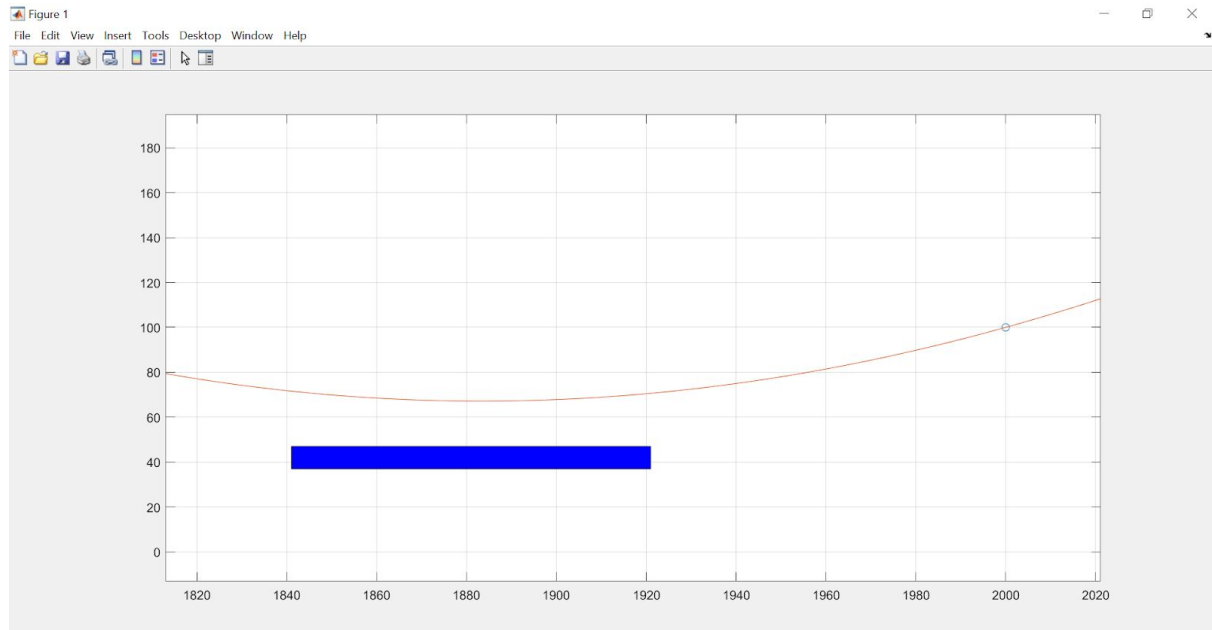


Figura 3.5

4. Antecedentes y Teoría

Realizar un análisis de las fuerzas presentes en un automóvil de Fórmula 1 cuando se encuentra en diferentes etapas:

A) Acelerando en línea recta.

Cuando el automóvil de Fórmula 1 acelera en línea recta, se presenta una aceleración positiva constante, y junto con ella, el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

Esto sucede debido a la ausencia de curvas que afecten la aceleración del automóvil.

Asfalto liso				
	Seco		Húmedo	
Velocidad:	Menos de 50 km/h.	Más de 50 km/h.	Menos de 50 km/h.	Más de 50 km/h.
Rozamiento pavimento neumáticos de goma	0.80 1.20	0.65 1.00	0.50 0.80	0.45 0.75

Análisis de velocidad máxima

La velocidad máxima de que puede llevar un vehículo en movimiento a través de una curva, está dictada por la expresión $v = \sqrt{\mu * g * R}$ donde la velocidad es la raíz cuadrada del producto del índice de fricción estática por la constante de gravedad por el radio de curvatura en ese preciso instante.

Los datos para realizar la sustitución de valores se obtuvieron de promedios de datos reales de automóviles de fórmula 1. Y por la función dictada por la curva $-0.000000001003x^4 + 0.000007263553x^3 - 0.017227055831x^2 + 14.405561210864x - 1859.222888746768$

Fórmulas

Datos

$$v = \sqrt{\mu * g * R}$$

$$m * \frac{v^2}{R} = \mu * N$$

$$N = m * g$$

$$m = 600 \text{ kg}$$

$$N = 5886 \text{ N}$$

$$R = \text{radio de curvatura}$$

$$\mu_k = 1.00$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$v = \sqrt{1.00 * 9.81 * R}$$

$$\rho = \frac{ds}{d\theta} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx}{d \arctan \frac{dy}{dx}} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx}{\frac{\frac{d^2y}{dx^2} dx}{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}} = \frac{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

Para el siguiente desarrollo necesitarán la primera y segunda derivada de la función inicial.

Primera derivada:

$$-0.000000004013025x^3 + 0.000021790658343x^2 - 0.034454111661204x + 14.405561210863608$$

Segunda derivada:

$$-0.000000012039074x^2 + 0.000043581316686x - 0.034454111661204$$

$$v = \sqrt{1.0 * 9.81 * \frac{(1 + (\frac{dy}{dx})^2)^{\frac{3}{2}}}{(\frac{d^2y}{dx^2})^2}}$$

$$v = \sqrt{1.0 * 9.81 * \frac{(1 + (-0.000000004013025x^3 + 0.000021790658343x^2 - 0.034454111661204x + 14.405561210863608)^2)^{\frac{3}{2}}}{(-0.000000012039074x^2 + 0.000043581316686x - 0.034454111661204)^2}}$$

$$\Sigma F = F_{\text{empuje}} - F_r$$

Para obtener los perfiles de aceleración (aceleración en un punto) se tiene que realizar

implementar la siguiente expresión $A = \frac{(V_f - V_i)}{\Delta t}$

$$V = \frac{d}{t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{\Delta v}$$

$$t = \frac{\text{longitud de la pista}}{\text{velocidad máxima}}$$

B) Desacelerando en línea recta y

Al momento de desacelerar, la aceleración se volverá negativa debido a que esta decrece. La aceleración será dependiente de la detención del movimiento.

Las fuerzas presentes en un automóvil cuando está desacelerando en línea recta son:

- 1) Fuerza de frenado:

$$F = ma$$

- 2) Fuerza de rozamiento:

$$Fr = \mu N$$

$$Fr = (1.00)(5,886N)$$

$$Fr = (1.00)(5,886N)$$

$$Fr = 5,886N$$

C) Desplazándose en un tramo curvo de la pista donde se presente derrape

Realizar un análisis de los principios de conservación de la energía y del momento lineal:

Cuando se presenta una situación de derrape

Una situación de derrape se presenta cuando la fricción de las llantas se ve superada por la aceleración centrífuga, debido a la velocidad que lleva dentro de la curva por lo tanto el carro no puede seguir su trayectoria y se derrapa siguiendo una línea tangente.

Al realizar el análisis de conservación de fuerzas y trabajo:

$$W = \Delta Ei + \Delta Ep + Loss$$

Donde ΔEi representa el cambio de energía cinética y ΔEp representa el cambio en energía potencial.

$$\Delta Ei = \frac{1}{2}m * vf^2 - \frac{1}{2}m * vi^2$$

El cambio en energía potencial no tiene un valor numérico debido a que el objeto, en este caso el automóvil no cambia de masa ni de altura a lo largo de su recorrido

$$\Delta Ep.$$

$$W = \Delta Ei + Loss$$

$$W = \frac{1}{2}m * v_f^2 - \frac{1}{2}m * v_i^2 + Loss$$

Loss=pérdida, representa la energía que se pierde en un sistema de conservación de la energía

$$Loss = frk * d$$

frk es la fuerza de fricción dictada por el coeficiente de fricción del piso con las llantas por el peso del automóvil

d es la distancia en la que el automóvil se derrapa

$$W = \frac{1}{2}m * v_f^2 - \frac{1}{2}m * v_i^2 + frk * d$$

$$Loss = Et$$

la pérdida de energía en un sistema representa el aumento de calor (Et).

$$frk * d = Et$$

En estos casos también se deberá tomar en cuenta la influencia de la aceleración centrípeta:

$$ac = v^2/r = \omega^2 \times r$$

Y la fuerza centrípeta:

$$Fc = m \times ac$$

D) Cuando se presenta una colisión de dos automóviles



Figura 4.1

En una colisión intervienen dos objetos, ambos en movimiento que ejercen fuerzas mutuamente. Para este ejemplo se tendrán en cuenta situaciones idealizadas, en donde ambos autos tienen la misma masa y misma velocidad. Ya que la colisión de dos automóviles es un choque completamente inelástico, se tomará en cuenta dicha fórmula, la cual describe que el choque de dos objetos se adhieren y tienen una velocidad en común después del impacto.

Conservación de la cantidad de movimiento

$$(m_A + m_B) V_c = m_A * u_A + m_B * u_B$$

Conservación de la energía

$$\frac{1}{2} * m_A * u_A + \frac{1}{2} * m_B * u_B = \frac{1}{2} * (m_A + m_B) * V_c^2 + Loss$$

Energía cinética

$$K = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Por la forma en la que se plantea el problema, sabemos que cada vehículo tiene energía cinética antes de la colisión, después de que suceda el choque ambos coches están en reposo y la energía cinética del sistema será 0. Ya que los dos coches están en movimiento, la energía total liberada durante la colisión será de $2 * K$.

E) Cuando se presenta una colisión de un automóvil con una barrera.

Para hacer un correcto análisis se dividirá en tres partes: antes de que el carro colisione, durante el choque y después del choque.

Antes del choque:

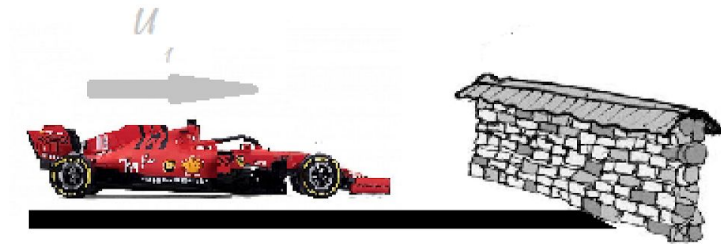


Figura 4.2

$$K = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$K = \frac{1}{2} * 600kg * 13.2^2 \frac{m}{s} = 52,272 J$$

$$d = 0.7 m$$

Durante el choque:

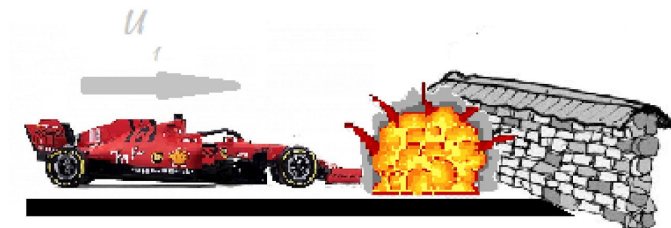


Figura 4.3

El auto ha entrado en contacto con el muro. El auto tiende a mantener su velocidad y, simultáneamente, el muro se opone a ser comprimido, generando una fuerza entre ellos de igual magnitud en sentidos opuestos. El efecto de esta fuerza sobre el bloque es el de hacer cambiar su cantidad de movimiento, o lo que es igual, le hace disminuir su velocidad.

Trabajo requerido para parar el coche:

$$F_{med} * d = -\frac{1}{2} * m * v^2$$

$$F_{med} = \frac{\frac{1}{2} * 600 \text{ kg} * 13.2^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.7 \text{ m}} = 74,674 \text{ N} = 7.61 \text{ toneladas}$$

Después el choque:

Cuando el auto se detiene este ha perdido toda su velocidad, la fuerza recíproca entre el bloque y el muro se hace nula.

5. Experimentación

-Pruebas de velocidad máxima

Para hacer las pruebas de velocidad máxima primero se definieron los parámetros así como las fórmulas que influyen en el cálculo de la velocidad máxima de un auto de la fórmula 1.

```
cf=.5;
tnew=0;
Masa=600;
g=9.81;
N=Masa*g;
Fr=N*cf;
Et=0;
```

Se definen los datos de entrada y fórmulas para calcular la velocidad máxima, así como la fórmula de fuerza de fricción.

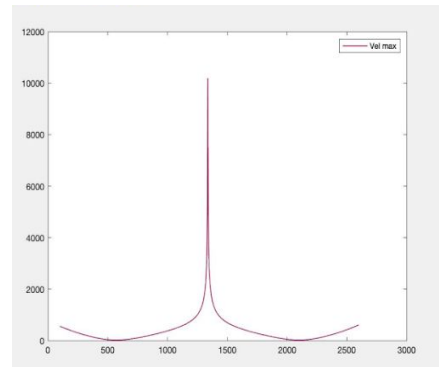


Figura 5.1

Gráfica de la velocidad máxima

Como se puede observar, la gráfica de velocidad máxima describe va a describir la aceleración de nuestro vehículo, en las curvas va a tener una velocidad máxima menor, y en las rectas tendrá una velocidad mayor.

-Pruebas perdida de energía

Para la pérdida de energía se consideró la fórmula $(u_s * m * g) * d$. Al considerar esta fórmula dentro del código obtuvimos que existe una pérdida de calor acumulado durante el recorrido de toda la pista de:

Perdida de calor acumulado (°) :	14544762.165
Posición en x (m) :	2801.1682
Posición en y (m) :	1200.5426
Velocidad (m/s):	30.6
Tiempo actual (s):	129
Aceleración actual (m/s ²) :	-6.5

Figura 5.2

-Simulación del auto

Tomando en cuenta el análisis de velocidad máxima y conservación de la energía, se implementará dentro de la simulación del auto, para esto se tomarán dos situaciones, una en donde la velocidad del auto permanece constante, es decir, no hay aceleración, y otra donde toma en cuenta la velocidad máxima y dependiendo si está en curva o en recta, desacelerará o acelerará.

Para calcular la posición del vehículo se utilizará el método numérico de “Verlet”.

Método verlet

Ya que la situación donde se considera que el auto no tiene aceleración es la más fácil decidimos empezar por ahí, para poder obtener la aceleración y la velocidad en cada punto se utilizó las fórmulas de verlet, ya que no estamos considerando la aceleración, está equivaldría a 0.

Para la situación en donde se considera la aceleración del vehículo se tomaron parámetros de aceleración y desaceleración dependiendo de la velocidad máxima anteriormente mencionada, si el auto está en curvas este desacelerará y si se encuentra en una recta este acelerará hasta alcanzar la velocidad máxima o encontrarse con otra curva. Se tomaron en cuenta los siguiente parámetros para la aceleración del vehículo.

```
if Rs==1  
Ap= [.3, 0, -.6];  
A=0;  
vmaxcarro=83;
```

Figura 5.3

Una vez teniendo funcionando los dos casos anteriores, es hora de colocar las gradas, teniendo en cuenta el radio de curvatura y la velocidad máxima del vehículo se puede obtener donde puede derrapar el vehículo, sabemos que cuando un vehículo se derrapa por una curva su trayectoria será tangencial a su movimiento, por lo tanto, si tomamos en cuenta que un auto de formula 1 puede alcanzar en rectas una velocidad de 90 m/s, la posición más segura para colocar las gradas sería la siguiente:

```
x = [450 530 530 450];  
y = [2067.16 2067.16 2077.16 2077.16];
```



Figura 5.4

6. Resultados

La simulación de la pista se puede realizar de dos maneras, calculando los perfiles de desaceleración o sin calcular la desaceleración.

Los resultados de esta simulación fueron 2, uno en donde el automóvil excede la velocidad máxima dentro de la curva y se terminó derrapando, sin embargo debido a los cálculos que hicimos, este sigue su línea tangencial y no impacta contra las gradas, asegurando la vida de los aficionados como se ve en la imagen de abajo.

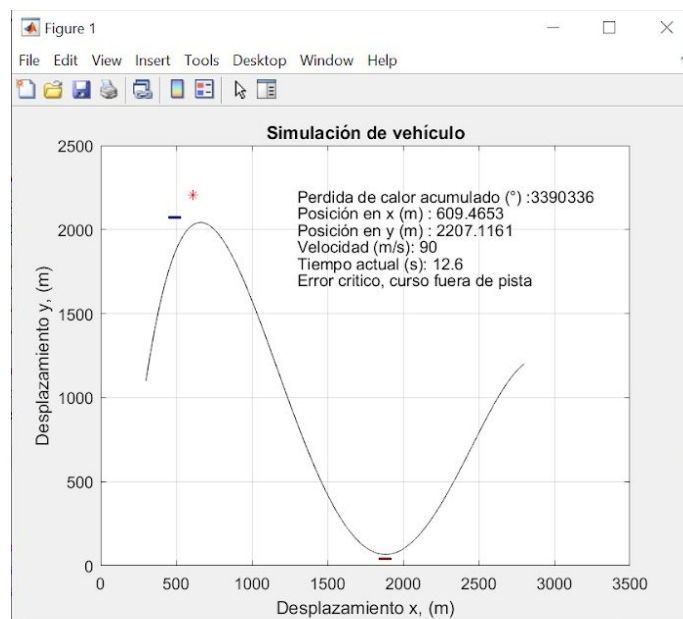


Figura 6.1

El otro resultado es donde termina satisfactoriamente el circuito, ya sea utilizando perfiles de desaceleración dentro de las curvas o manteniendo una baja velocidad uniforme durante todo el trayecto. De esta manera el automóvil llega hasta el final de este tramo de pista como se muestra abajo.

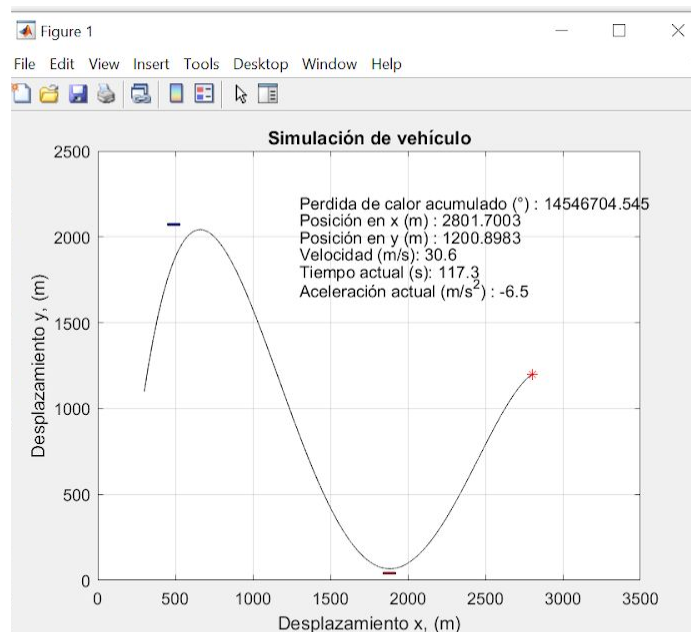


Figura 6.2

En ambas simulaciones, se muestran los cálculos y datos de energía térmica, posición en X y Y, velocidad en [m/s], tiempo [s] y aceleración [m/s²] conforme el automóvil avanza en el tramo de pista, y en caso de un derrape también se muestra una alerta de “Error crítico, curso fuera de pista”.

7. Conclusiones

En este proyecto, se desarrolló una simulación realista de la trayectoria de un automóvil a lo largo de una pista de carreras, incluyendo factores como la aceleración y la velocidad del vehículo, con el fin de evaluar y demostrar el riesgo que existe al ubicar mal las gradas en estas pistas.

La simulación se puede ajustar a diferentes situaciones y al final obtener resultados de riesgo de derrapes, cambio de aceleración, la pérdida de calor generada, y el tiempo en el que el automóvil recorre la pista.

Además, se puede observar que esta simulación puede llegar a ser útil para proyectos a largo plazo para pistas de carrera debido a que se podrá evitar riesgos de impactos del vehículo a las personas en las gradas, y de la salud de los posibles afectados.

Con los resultados obtenidos en la realización del proyecto, se puede concluir que la posición de las gradas es un factor importante a tomar en cuenta al realizar simulaciones, además de que la aceleración y la velocidad máxima son primordiales debido a que pueden existir altos riesgos de derrape que afectarían la salud de los espectadores y el automovilista.

Otro de los aspectos importantes de este proyecto es que se cumple con el objetivo principal de simular, se puede ajustar a diferentes situaciones y obtener resultados del movimiento del

vehículo, velocidad y tiempo de impacto; pudiendo ser de utilidad a la hora de realizar protocolos de emergencia y en la realización de pistas de carreras reales tomando en cuenta los posibles riesgos.

Link del video de Youtube:

https://www.youtube.com/watch?v=k8nNJ7s8U-Q&ab_channel=%C3%93scarEduardoNietoEspitia

Referencias:

Aguilar. (2011). "Longitud de Curvas." Recuperado el 20 de noviembre de 2020 de: <http://aguilarserrano.blogspot.com/2011/06/32-longitud-de-curvas.html>

MathWorks. (2014). polyfit. Noviembre 20 del 2020, de MathWorks Sitio web: <https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html>

MathWorks. (2014). polyval. Noviembre 20 del 2020, de MathWorks Sitio web: <https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/polyval.html>

MathWorks. (SF). plot. Noviembre 20 del 2020, de MathWorks Sitio web: <https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/plot.html>

MathWorks. (SF). pretty. Noviembre 20 del 2020, de MathWorks Sitio web: <https://la.mathworks.com/help/symbolic/sym.pretty.html>

MathWorks. (SF). patch. Noviembre 20 del 2020, de MathWorks Sitio web: <https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/patch.html>

S.A. (2015). La fuerza centrífuga y la estabilidad de un vehículo. Noviembre 29, 2020, de Física con ordenador Sitio web: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/circular/din_circular.htm

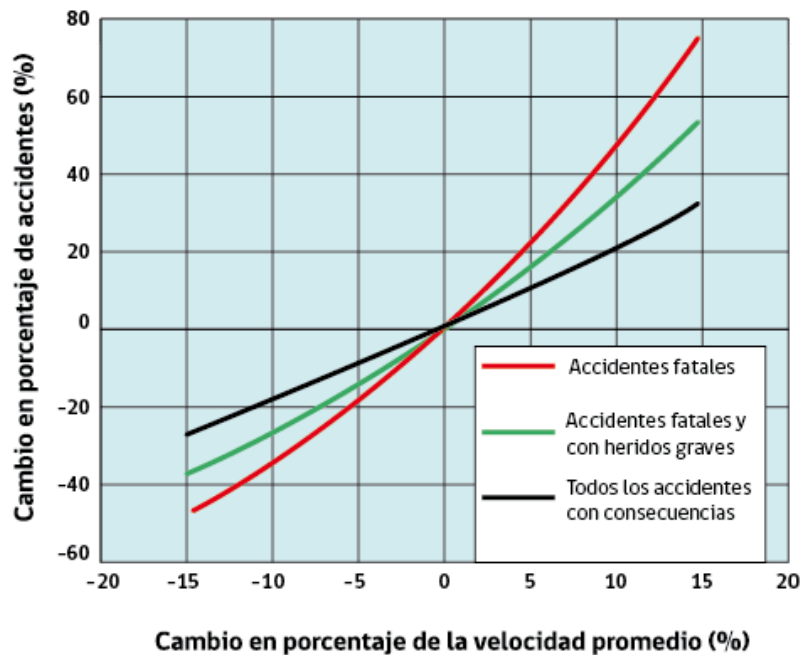
CausaDirecta. (2019). Tabla de factores de rozamiento del pavimento para neumáticos de goma. Noviembre 29, 2020, de Causa Directa Sitio web: <https://causadirecta.com/especial/calculo-de-velocidades/tablas/tabla-de-factores-de-rozamiento-del-pavimento-para-neumaticos-de-goma>

S.A. (2017). Energía térmica debida a la fricción. Noviembre 29, 2020, de Khan Academy Sitio web: <https://es.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/v/thermal-energy-from-friction>

Albornoz L.. (2012). FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO DE VEHÍCULOS. Noviembre 29, 2020, de Creando Conciencia Sitio web: <http://creandoconciencia.org.ar/enciclopedia/accidentologia/la-fisica-de-la-colision/FUERZA-S-DE-FRENADO.pdf>

Apéndice

Como se explicó anteriormente, los cambios bruscos en la velocidad pueden generar accidentes fatales, más que todo en carreras de alta velocidad que incluya espectadores. Esto se puede observar en la siguiente imagen:



Por lo tanto es necesario hacer una evaluación de los riesgos en caso de un derrape, y que no involucre en un accidente mayor a la gente.

Además, se observa que a mayor velocidad se debe tener una mayor distancia de seguridad ya que el derrape del automóvil puede ser mayor.

