**Parte de optimización**

**Modelo de sondajes**

Características:

-Permite personalizar los metros que pueden excavar cada sonda.

-Permite personalizar la velocidad de excavación de cada sonda.

-Permite restar de forma sencilla el número de sondas (eliminando módulos *create*), sin embargo, sumar sondas es más complejo y tiene un límite de 9, debido a que se alcanza el máximo de módulos de la versión de prueba de arena.

-Permite personalizar la desviación de la sonda, sin embargo, no permite personalizar su probabilidad de éxito, es decir, la probabilidad de éxito se aplica igual para todas las sondas.

-Permite cambiar la probabilidad de éxito de todas las sondas por igual.

-Permite cambiar el tiempo de instalación de una sonda.

Restricciones:

-No se puede registrar en el reporte cual fue la sonda que tuvo éxito, sin embargo, si se puede observar en la animación.

-La probabilidad de éxito no es personalizable para cada sonda.

Antecedentes:

-Se encontró información de las sondas, fueron 9 sondas las que se ocuparon para el rescate, 5 de aire reverso y 4 con diamantina y se detalla su información a continuación:

Sondas de aire reverso:

Velocidad: 100 M por día

Precisión: Se pueden desviar hasta 7% con respecto a la vertical.

Sondas con diamantina:

Velocidad: 20 M por día

Precisión: Se dice que son más precisas que las sondas de aire reverso, sin embargo, no se encontró información de cuanto podían desviarse.

-La primera sonda demora 12 días en recorrer 726 M, lo que nos muestra que la velocidad de sondaje no es la esperada.

-Luego del fallo de la primera sonda, el equipo de sondaje logra corregir las trayectorias del resto de las sondas aumentando su probabilidad de éxito al disminuir su nivel de desviación.

-Según expertos bastaba que la sonda se desviará 5 M para no llegar a destino.

Supuestos:

Debido a las faltas de información, restricciones del modelo y los datos reales del rescate, se detallan los siguientes supuestos.

-Como no se mencionan los metros que debían excavar cada sonda en particular, se utilizó por defecto 700 M.

-Como no se menciona más información de la precisión de los sondajes con diamantina y sumado a no poder personalizar las probabilidades de éxito para cada sonda, se optó por cambiar los sondajes con diamantina por sondajes de aire inverso.

-Si los sondajes de aire inverso hubiesen trabajado a una velocidad de 100 M por día, la primera sonda habría llegado en 7 días y no 12, lo que nos hace pensar que la dureza de la roca debe ser el factor que alteró la velocidad de sondaje. De esta forma, se optó por cambiar la velocidad del sondaje con una distribución normal de media 64 M, con una desviación estándar de 5 M.

-Al no encontrar información sobre el tiempo de instalación entre sondas, se asumió un tiempo de instalación de 1 día.

-Como no se encontró información sobre el tiempo de reposición de una sonda al no dar con el destino, se asumió que esta se repone el mismo día que no logran dar con el destino.

-Como las sondas se podían desviar hasta 7% con respecto a la vertical, y se asumió que cada sonda debía recorrer 700 M de profundidad, esto nos señalaba que cada sonda puede desviarse hasta 49 M y bastaba con desviarse 5 M para no dar con el refugio, por lo que la probabilidad de encontrarlos era de 5 entre 49, sin embargo, también se nos dice que el equipo de sondaje logró aumentar esta probabilidad y es por esta razón que la segunda sonda logra llegar al refugio, es por esto que nosotros ajustamos la probabilidad de éxito para los días de sondaje y que calzaran con el caso real, arrojando así una probabilidad de éxito de 20 en 49.

Optimización:

Métrica: Días necesarios para dar con los mineros.

Variables:

-Probabilidad de éxito del sondaje (viene determinada por el nivel de expertos del equipo de sondaje)

-Cantidad de sondas ocupadas (Máximo de 9 sondas)

Resultados:

Con los resultados obtenidos se pueden llegar a varias conclusiones y dependerá del enfoque con que se miran los resultados, por ejemplo, si se desea que el tiempo de rescate sea a lo máximo 15 días, se puede observar que para un nivel de éxito de 15 (15 en 49) basta contar con 7 sondas, para un nivel de éxito de 20 basta contar con 5 sondas y para un nivel de éxito de 25 basta contar con 4 sondas.

También se puede aplicar un enfoque de minimización de costos y para esto se tendrá que asignar un costo al nivel de éxito y un costo por uso de sondas, restringido a cumplir con tiempo máximo de días para el rescate.

**Modelo planes de rescate**

Características:

-Permite el cambio en el orden de inicio de los planes.

-Permite agregar, modificar y eliminar fallas de las maquinas.

-Permite modificar la velocidad de excavación de las maquinas.

-Permite modificar los metros a excavar por máquina.

Restricciones:

-No se registra en el reporte la máquina que tuvo éxito, pero si se puede observar en la animación.

Antecedentes:

-Se logró encontrar información de las velocidades de excavación para los tres planes, el tiempo de inicio de cada uno, tiempos de instalación para el plan C, numero de fallas para los planes A y B, tiempo detenido el plan B debido a la falla y metros que debían excavar todas las maquinas.

Supuestos:

-La velocidad esperada de las maquinas no correspondía con la real, esto puede ser debido a la dureza del suelo, por lo que se estimó una velocidad diferente para cada máquina con el fin de ajustar el modelo simulado con la realidad. De esta manera, a continuación, se detallan las velocidades para cada máquina (notar que para las distribuciones uniformes se estimó que las maquinas estaban funcionando a un 73% de su velocidad esperada):

Strata 950:

Velocidad esperada: uniforme (15, 20)

Velocidad en el modelo: uniforme (11, 15)

Schramm T-130:

Velocidad esperada: 20 M en promedio

Velocidad en el modelo: normal (20, 5)

RIG 421

Velocidad esperada: uniforme (20, 30)

Velocidad en el modelo: uniforme (15, 22)

-El tiempo que estuvo el plan A sin funcionar debido a la falla fue de 3 días.

-La frecuencia con que la Strata 950 falla se da en un intervalo de tiempo de 20 a 40 días.

-La frecuencia con que la Schramm T-130 falla se da en un intervalo de tiempo de 32 a 36 días.

-La velocidad de perforación de la sonda DTH QL 200, es difícil de estimar, se tiene información de que esta habría demorado 20 días menos que la Strata 950, sin embargo, también se estimaba que la Strata terminaría su trabajo en un periodo de 3 a 4 meses.

-Si consideramos en promedio la velocidad de la Strata de 13 M por día y los 700 metros por recorrer, esto nos entrega un estimado de 54 días más 3 días por falla un total de 57 días, suponiendo que los meses son de 30 días, se esperaba que la Strata demorará 90 y lo habría completado en 57 en la simulación. Por otro lado, la nueva máquina plantea sacar una ventaja de 20 días, es decir lo completaría en 70 días, por lo que probablemente se demoraría en la simulación 45 días y si esperamos que recorra los 700 M, esto nos daría una velocidad promedio de 15-16 M por día.

Optimización:

Métrica: Tiempo de rescate en días

Variables:

-Orden en que empiezan a funcionar las maquinas.

-Posible implementación de plan D, con la maquina DTH QL 200.

Primera etapa de optimización:

Encontrar el orden que optimiza los tiempos de rescate.

Resultado: Plan B – Plan C – Plan A

Segunda etapa de optimización:

Encontrar el orden que optimiza los tiempos de rescate cambiando el plan más lento, por el plan D.

Datos estimados plan D

Maquina: Sonda DTH QL 200

Velocidad: uniforme (13.5, 18)

No necesita tiempo de preparación.

Mismo nivel de fallas que la Strata 950.

Resultado: Plan B – Plan C – Plan D

Tercera etapa de optimización:

Mediante un test de comparación de medias analizar si los modelos óptimos encontrados son estadísticamente similares o si existe alguna mejora al implementar el plan D.

Resultado: El test arrojó que el cero se encuentra fuera del intervalo, es decir, existe fundamento estadístico para afirmar que se encontró una mejora.