7. MÉTODO DE APROXIMACIÓN DE VOGEL

El método de aproximación de Vogel es un método heurístico de resolución de problemas de transporte capaz de alcanzar una solución básica no artificial de inicio, este modelo requiere de la realización de un número generalmente mayor de iteraciones que los demás métodos heurísticos existentes con este fin, sin embargo produce mejores resultados iniciales que los mismos.

7.1 ALGORITMO DE RESOLUCIÓN DE VOGEL

El método consiste en la realización de un algoritmo que consta de 3 pasos fundamentales y 1 más que asegura el ciclo hasta la culminación del método.

PASO 1

Determinar para cada fila y columna una medida de penalización restando los dos costos menores en filas y columnas.

PASO 2

Escoger la fila o columna con la mayor penalización, es decir que de la resta realizada en el "Paso 1" se debe escoger el número mayor. En caso de haber empate, se debe escoger arbitrariamente (a juicio personal).

PASO 3

De la fila o columna de mayor penalización determinada en el paso anterior debemos de escoger la celda con el menor costo, y en esta asignar la mayor cantidad posible de unidades. Una vez se realiza este paso una oferta o demanda quedará satisfecha por ende se tachará la fila o columna, en caso de empate solo se tachará 1, la restante quedará con oferta o demanda igual a cero (0).

PASO 4: DE CICLO Y EXCEPCIONES

- Si queda sin tachar exactamente una fila o columna con cero oferta o demanda, detenerse.

- Si queda sin tachar una fila o columna con oferta o demanda positiva, determine las variables básicas en la fila o columna con el método de costos mínimos, detenerse.

- Si todas las filas y columnas que no se tacharon tienen cero oferta y demanda, determine las variables básicas cero por el método del costo mínimo, detenerse.
- Si no se presenta ninguno de los casos anteriores vuelva al paso 1 hasta que las ofertas y las demandas se hayan agotado.

7.2 EJEMPLO DEL MÉTODO DE APROXIMACIÓN DE VOGEL

Por medio de este método resolveremos el ejercicio de transporte resuelto en módulos anteriores mediante programación lineal.

7.2.1 EL PROBLEMA

Una empresa energética colombiana dispone de cuatro plantas de generación para satisfacer la demanda diaria eléctrica en cuatro ciudades, Cali, Bogotá, Medellín y Barranquilla. Las plantas 1,2,3 y 4 pueden satisfacer 80, 30, 60 y 45 millones de KW al día respectivamente. Las necesidades de las ciudades de Cali, Bogotá, Medellín y Barranquilla son de 70, 40, 70 y 35 millones de Kw al día respectivamente. Los costos asociados al envío de suministro energético por cada millón de KW entre cada planta y cada ciudad son los registrados en la siguiente tabla.

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla
Planta 1	5	2	7	3
Planta 2	3	6	6	1
Planta 3	6	1	2	4
Planta 4	4	3	6	6

Formule un modelo de programación lineal que permita satisfacer las necesidades de todas las ciudades al tiempo que minimice los costos asociados al transporte.

7.2.2 SOLUCIÓN PASO A PASO

El primer paso es determinar las medidas de penalización y consignarlas en el tabulado de costos, tal como se muestra a continuación.

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 2	3	6	6	1	30	2
Planta 3	6	1	2	4	60	1
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	70	35		
Penalización	1	1	4	2		

Los dos menores valores de la fila, 2 y 3.
Estos se restan [2 - 3] Valor absoluto =1

Los dos menores valores de la columna, 3 y 4
estos valores se restan [3 - 4] Valor absoluto =1

El paso siguiente es escoger la mayor penalización, de esta manera:

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 2	3	6	6	1	30	2
Planta 3	6	1	2	4	60	1
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	70	35		
Penalización	1	1	$\boxed{4}$	2		

En este paso escogemos la mayor penalización "4", y procedemos a seleccionar la columna o fila a la cual corresponde

El paso siguiente es escoger de esta columna el menor valor, y en una tabla paralela se le asigna la mayor cantidad posible de unidades, podemos observar como el menor costo es "2" y que a esa celda se le pueden asignar como máximo 60 unidades "que es la capacidad de la planta 3".

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 2	3	6	6	1	30	2
Planta 3	6	1	$\boxed{2}$	4	60	1
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	70	35		
Penalización	1	1	4	2		

Este es el menor valor de la columna penalizada, por ende se le asigna la mayor cantidad de unidades posibles, que en este caso es 60 unidades.

CUADRO SOLUCIÓN

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta
Planta 1					80
Planta 2					30
Planta 3			60		60
Planta 4					45
Demanda	70	40	70	35	

Dado que la fila de la "Planta 3" ya ha asignado toda su capacidad (60 unidades) esta debe desaparecer.

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 2	3	6	6	1	30	2
[redacted]						
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	10	35		
Penalización	1	1	4	2		

Se procede a eliminarse la fila correspondiente a la Planta que ha quedado sin unidades, además observemos como la demanda de Medellín se modifica, ahora solo necesita 10 unidades, dado que se le resta la cantidad ya asignada

Se ha llegado al final del ciclo, por ende se repite el proceso

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 2	3	6	6	1	30	2
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	10	35		
Penalización	1	1	0	2		

Dado que en este caso existe empate, elegimos de manera arbitraria

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 2	3	6	6	1	30	2
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	10	35		
Penalización	1	1	0	2		

El menor valor de esta columna es 1

CUADRO SOLUCIÓN

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta
Planta 1					80
Planta 2				30	30
Planta 3			60		60
Planta 4					45
Demanda	70	40	70	35	

Por ende asignamos en esta celda la mayor cantidad de unidades posible,
es decir 30, dada la capacidad de la "Planta 2".

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
[redacted]						
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	10	5		
Penalización	1	1	0	2		

Dado que la "Planta 2" se ha quedado sin unidades se elimina
y la demanda de Barranquilla ahora es 35 - 30 = 5

Iniciamos una nueva iteración

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	3	80	1
Planta 4	4	3	6	6	45	1
Demanda	70	40	10	5		
Penalización	1	1	1	$\boxed{3}$		

El menor valor de esta columna es 3, por ende le asignamos la mayor cantidad de unidades posibles, la cual se ve restringida por la demanda de Barranquilla, la cual es de tan solo 5 unidades

CUADRO SOLUCIÓN

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta
Planta 1				5	80
Planta 2				30	30
Planta 3			60		60
Planta 4					45
Demanda	70	40	70	35	

Podemos observar como queda satisfecha la demanda de Barranquilla, por ende desaparecerá, así mismo la oferta de la planta 1 queda limitada a 80 - 5 = 75 unidades

	Cali	Bogotá	Medellín	[redacted]	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7		75	1
Planta 4	4	3	6		45	1
Demanda	70	40	10			
Penalización	1	1	1			

Continuamos con las iteraciones,

	Cali	Bogotá	Medellín	Oferta	Penalización
Planta 1	5	2	7	75	3
Planta 4	4	3	6	45	1
Demanda	**70**	**40**	**10**		
Penalización	1	1	1		

CUADRO SOLUCIÓN

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta
Planta 1		40		5	**80**
Planta 2				30	**30**
Planta 3			60		**60**
Planta 4					**45**
Demanda	**70**	**40**	**70**	**35**	

	Cali	[redacted]	Medellín	Oferta	Penalización
Planta 1	5	[redacted]	7	35	3
Planta 4	4	[redacted]	6	45	1
Demanda	**70**	[redacted]	**10**		
Penalización	1	[redacted]	1		

Iniciamos otra iteración

	Cali	Medellín	Oferta	Penalización
Planta 1	5	7	35	2
Planta 4	4	6	45	2
Demanda	**70**	**10**		
Penalización	**1**	**1**		

Rompemos el empate arbitrariamente

	Cali	Medellín	Oferta	Penalización
Planta 1	5	7	35	2
Planta 4	4	6	45	2
Demanda	**70**	**10**		
Penalización	**1**	**1**		

CUADRO SOLUCIÓN

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta
Planta 1		40		5	**80**
Planta 2				30	**30**
Planta 3			60		**60**
Planta 4	45				**45**
Demanda	**70**	**40**	**70**	**35**	

	Cali	Medellín	Oferta	Penalización
Planta 1	5	7	35	2
[redacted]				
Demanda	**25**	**10**		
Penalización	**1**	**1**		

Al finalizar esta iteración podemos observar como el tabulado queda una fila sin tachar y con valores positivos, por ende asignamos las variables básicas y hemos concluido el método.

	Cali	Medellín	Oferta
Planta 1	5	7	35
Demanda	**25**	**10**	

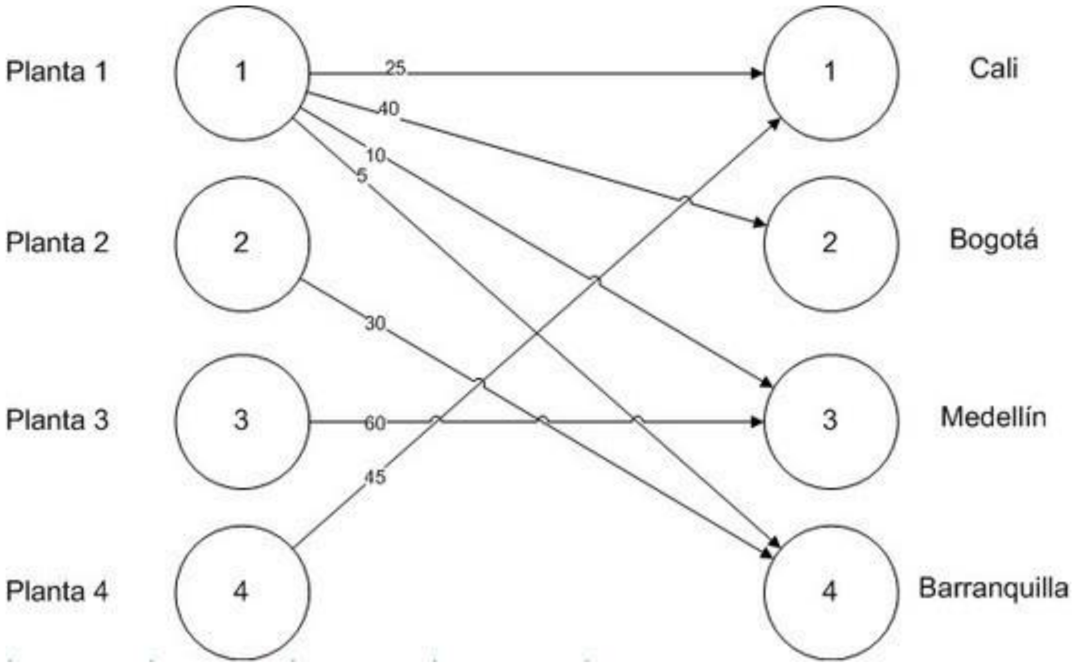
CUADRO SOLUCIÓN

	Cali	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Oferta
Planta 1	25	40	10	5	**80**
Planta 2				30	**30**
Planta 3			60		**60**
Planta 4	45				**45**
Demanda	**70**	**40**	**70**	**35**	

Ahora podemos observar como cada demanda es satisfecha sin superar los niveles establecidos por la oferta de cada Planta

Los costos asociados a la distribución son:

Variable de decisión	Actividad de la variable	Costo x Unidad	Contribución Total
$X_{1,1}$	25	5	125
$X_{1,2}$	40	2	80
$X_{1,3}$	10	7	70
$X_{1,4}$	5	3	15
$X_{2,1}$	0	3	0
$X_{2,2}$	0	6	0
$X_{2,3}$	0	6	0
$X_{2,4}$	30	1	30
$X_{3,1}$	0	6	0
$X_{3,2}$	0	1	0
$X_{3,3}$	60	2	120
$X_{3,4}$	0	4	0
$X_{4,1}$	45	4	180
$X_{4,2}$	0	3	0
$X_{4,3}$	0	6	0
$X_{4,4}$	0	6	0
TOTAL			**620**



De esta manera hemos llegado a la solución a la cual también llegamos mediante programación lineal, definitivamente desarrollar la capacidad para modelar mediante programación lineal y apoyarse de una buena herramienta como WinQSB, STORM, LINGO, TORA etc. termina siendo mucho más eficiente que la utilización de los métodos heurísticos para problemas determinísticos; sin embargo cabe recordar que uno de los errores más frecuentes en los que caen los ingenieros industriales es en tratar de adaptar a sus organizaciones a los modelos establecidos, cabe recordar que son los modelos los que deben adaptarse a las organizaciones lo cual requiere de determinada habilidad para realizar de forma inmediata cambios innovadores para sus fines, en pocas palabras un ingeniero industrial requiere de un buen toque de HEURÍSTICA en su proceder.