

**ALGORITMO MULTI-OBJETIVO BASADO EN LA MEJOR BÚSQUEDA ARMÓNICA
GLOBAL Y SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA LA DEFINICIÓN DE
RUTAS Y HORARIOS EN UN SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE
PASAJEROS**



Ing. EDGAR FABIAN RUANO DAZA

Director: PhD. CARLOS ALBERTO COBOS LOZADA

Asesor: PhD. JOSÉ TORRES JIMÉNEZ (CINVESTAV, Tamaulipas, México)

ANEXOS A LA MONOGRAFIA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
MAESTRÍA EN COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS
GRUPO DE I+D EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN (GTI)
SISTEMAS INTELIGENTES – MODELADO Y SIMULACIÓN
Popayán, Julio de 2016**



Tabla de Contenido

ANEXO 1. Detalle del modelo de simulación.....	1
1.1 Información obtenida directamente de Megabús S.A.....	1
1.2 Selección y depuración de información a utilizar para creación del modelo de simulación	5
1.3 Implementación del modelo en Arena	5
1.3.1 Entidades	6
1.3.2 Atributos	7
1.3.3 Variables	8
1.3.4 Implementación estación de pasajeros	10
1.3.5 Implementación del recorrido de los pasajeros	15
1.3.6 Implementación de cruce de pasajeros.....	17
1.3.7 Implementación central de buses.....	17
1.3.8 Implementación del recorrido de buses	19
1.3.9 Implementación estación de buses	20
1.3.10 Implementación del cruce de buses	22
1.4 Configuración de probabilidad de destinos	23
1.5 Configuración de rutas cortas.....	24
1.6 Generación de archivos fuente en código SIMAN.....	24
ANEXO 2. Creación de base de datos de rutas	25
ANEXO 3. Prototipo software	33
3.1 Diagrama de casos de uso y casos de uso de alto nivel.....	33
3.2 Diagrama de componentes	34
3.3 Diagrama de paquetes	35
3.4 Diagramas de clases	36
3.4.1 Diagrama de clases: paquete DBLogic	36
3.4.2 Diagrama de clases: paquete SimulatorLogic.....	36
3.4.3 Diagrama de clases: paquete Utilities	37
3.4.4 Diagrama de clases: paquete Graph.....	37
3.4.5 Diagrama de clases: paquete MOGBHSIntervals	38
3.4.6 Diagrama de clases: paquete MOGBHSRoutes	39
3.4.7 Diagrama de clases: paquete NSGA-II	40
3.4.8 Diagrama de clases: paquete GUID.....	41
3.5 Interfaz gráfica del prototipo software	41
3.6 Archivos de entrada.....	44
3.7 Archivos de salida	44
ANEXO 4. Calibración de parámetros MOGBHS	46
ANEXO 5. Calibración de parámetros NSGA-II.....	49
ANEXO 6. Detalle ejecuciones MOGBHS-TNDFSP.....	51
ANEXO 7. Detalle ejecuciones NSGAII-TNDFSP	55
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.



Lista de Figuras

Figura 1 Rutas troncales y estaciones de Megabús	1
Figura 2 Captura de pantalla del modelo de simulación implementado	6
Figura 3 Configuración entidad Pasajero	7
Figura 4 Configuración entidad Bus	7
Figura 5 Atributos del modelo de simulación	8
Figura 6 Variables del modelo, con tipo de datos y tamaño	9
Figura 7 Sub-modelo estación de pasajeros	10
Figura 8 Configuración módulo Pasajeros	10
Figura 9 Configuración módulo Destino	11
Figura 10 Configuración módulo Escala	11
Figura 11 Configuración módulo Punto Reingreso	11
Figura 12 Configuración módulo Recorrido a X	12
Figura 13 Configuración módulo Esperar Bus	12
Figura 14 Configuración módulo Embarcar	12
Figura 15 Configuración módulo Embarque	13
Figura 16 Configuración módulo Salir	13
Figura 17 Configuración módulo Espera Otro Bus	13
Figura 18 Configuración módulo Más Opciones	14
Figura 19 Configuración módulo Siguiendo Opción	14
Figura 20 Configuración módulo Llego	14
Figura 21 Configuración módulo Llegada	15
Figura 22 Configuración módulo Desembarco	15
Figura 23 Sub-modelo recorrido de pasajeros	15
Figura 24 Configuración módulo Bus de X a Y	16
Figura 25 Configuración módulo Mi Bus de X a Y	16
Figura 26 Configuración módulo Otro bus de X a Y	16
Figura 27 Sub-modelo Cruce de pasajeros	17
Figura 28 Configuración módulo Cruce	17
Figura 29 Submodelo central de buses	17
Figura 30 configuración modulo ruta 1	18
Figura 31 Configuración modulo asignar ruta	18
Figura 32 Configuración modulo inicializar ruta	18
Figura 33 Configuración modulo Salida Buses	19
Figura 34 Submodelo recorrido entre estaciones de buses	19
Figura 35 Configuración modulo recorrido	19
Figura 36 Sub-modelo estación de buses	20
Figura 37 Configuración módulo Ingreso	20
Figura 38 Configuración de módulo Espera	20
Figura 39 Configuración de módulo Registro	21
Figura 40 Configuración módulo Cargue	21
Figura 41 Configuración módulo Salida	22
Figura 42 Configuración módulo Guardar	22
Figura 43 Sub-modelo cruce de buses	22
Figura 44 Configuración módulo Cruce buses	23
Figura 45 Diagrama de casos de uso del prototipo software	33



Figura 46 Diagrama de componentes prototipo software	35
Figura 47 Diagrama relacional de base de datos rutas	35
Figura 48 Diagrama de paquetes del prototipo software	36
Figura 49 Diagrama de clases paquete DBLogic	36
Figura 50 Diagrama de clases paquete SimulatorLogic	37
Figura 51 Diagrama de clases paquete Utilities	37
Figura 52 Diagrama de clases paquete Graph	38
Figura 53 Diagrama de clases paquete MOGBHSIntervals	39
Figura 54 Diagrama de clases paquete MOGBHSRoutes	40
Figura 55 Diagrama de clases paquete NSGA-II	41
Figura 56 Diagrama de clases paquete GUID	41
Figura 57 Captura de pantalla interfaz principal de prototipo	42
Figura 58 Captura de pantalla de opción “MOGBHS for TNDSP”	42
Figura 59 Captura de pantalla de opción “NSGA-II for TDFSP”	43
Figura 60 Captura de pantalla opción “Utilidades”	43
Figura 61 Ejemplo de archivo de salida de prototipo software	45



Lista de Tablas

Tabla 1 Plan de operaciones Megabús días hábiles	2
Tabla 2 Plan de operaciones Megabús sábados	2
Tabla 3 Plan de operaciones Megabús domingos y festivos	3
Tabla 4 Tiempos promedio entre estaciones para Ruta 1 Megabús	3
Tabla 5 Tiempos promedio entre estaciones Ruta 2 Megabús	3
Tabla 6 Tiempos promedio entre estaciones Ruta 3 Megabús	4
Tabla 7 Promedio de número de pasajeros que ingresa a estaciones Megabús por día	4
Tabla 8 Configuración rutas megabús horas valle – mañana – días hábiles. Fuente [1]	5
Tabla 9 Rutas viables encontradas para Megabús.....	27
Tabla 10 Conjunto de pruebas para calibración de parámetros MOGBHS	46
Tabla 11 Mejores soluciones generadas en pruebas para calibración de parámetros MOGBHS	47
Tabla 12 Conjunto de pruebas para calibración de parámetros NSGA-II.....	49
Tabla 13 Mejores soluciones generadas en pruebas para calibración de parámetros para NSGA-II.....	50
Tabla 14 Semillas utilizadas y tiempos de ejecución de pruebas de MOGBHS-TNDFSP	52
Tabla 15 Mejores soluciones encontradas en 30 ejecuciones de MOGBHS - TNDFSP	54
Tabla 16 Semillas utilizadas y tiempos de ejecución de pruebas de NSGAII-TNDFSP	56
Tabla 17 Mejores soluciones encontradas en 30 ejecuciones de NSGAII - TNDFSP.....	58

ANEXO 1. Detalle del modelo de simulación

Teniendo los lineamientos definidos en la sección 4.2.1 de la monografía de este proyecto de investigación se creó un modelo de simulación de eventos discretos sobre Arena para el sistema de transporte masivo de pasajeros (STMP) de la ciudad de Pereira, Colombia llamado Megabús S.A.

1.1 Información obtenida directamente de Megabús S.A.

En el marco de la interacción Megabús S.A.-Unicauca se obtuvo, información que se utilizó para la generación y calibración del modelo de simulación referente a la operación del sistema con buses articulados.

Horarios de operación
05:00 a 23:00, operación troncal

Rutas del Sistema



Figura 1 Rutas troncales y estaciones de Megabús

Se tienen 3 troncales:

Ruta 1. Verde: desde el intercambiador Cuba al Intercambiador Dosquebradas por la avenida 30 de Agosto.



Ruta 2, Roja: desde el intercambiador Cuba al Intercambiador Dosquebradas en las carreras 8 y 10 en un sentido y en las carreras 6 y 7 en el otro.

Ruta 3, Azul: inicia y termina en el intercambiador de Cuba llegando al centro de Pereira, se desplaza por carreras 8 y 10 en un sentido y las carreras 6 y 7 en el otro.

Los ciclos contemplan el tiempo de parada dentro de los intercambiadores, el cual es empleado para descarga y carga de pasajeros. Entre ciclos no se estima tiempo de espera.

Flota disponible

Número total de buses articulados con los que cuenta el sistema: a la fecha se realiza programación para 35 buses articulados, sin embargo la capacidad es de 49 articulados, los cuales no operan actualmente por motivos de deficiencias con un operador.

Capacidad de los buses, la capacidad máxima es de 160 pasajeros por vehículo articulado, sin embargo por nivel de servicio se modela con 140 pasajeros

Plan de operación semanal, frecuencias y flota disponible

Tabla 1 Plan de operaciones Megabús días hábiles

RUTAS TRONCALES DÍAS HÁBILES										
RUTA	Long (Km)	Hora Pico (5:30 - 8:30 Y 17:00 - 20:30)			Medio Día (11:30 - 15:00)			Hora Valle (8:30 - 11:30 Y 15:00 - 17:00)		
		T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)	T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)	T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)
R1	22,72	69	11	6,27	68	8	8,5	68	8	8,5
R2	22,32	76	18	4,22	75	15	5,0	75	10	7,5
R3	14,74	51	6	8,50	51	6	8,5	51	6	8,5
TOTALES FLOTA			35			29			24	

Tabla 2 Plan de operaciones Megabús sábados

RUTAS TRONCALES SÁBADO										
RUTA	Long (Km)	Hora Pico AM (5:30 - 8:30)			Hora Pico PM y Hora Valle PM			Hora Valle AM		
		T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)	T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)	T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)
R1	22,72	69	12	5,75	68	8	8,50	68	8	8,5
R2	22,32	75	15	5,00	75	15	5,00	75	10	7,5
R3	14,74	51	6	8,50	51	6	8,50	51	6	8,5
TOTALES FLOTA			33			29			24	



Tabla 3 Plan de operaciones Megabús domingos y festivos

RUTAS TRONCALES DOMINGO Y FESTIVO										
RUTA	Long (Km)	R1 Y R2 (5:30 - 6:30); R3 (6:00 - 6:30)			(6:30 - 8:30 Y 20:30 - 23:40)			(8:30 - 20:30)		
		T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)	T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)	T Ciclo (En min)	Flota	Frecuencia (min)
R1	22,72	68	4	17,0	69	6	11,5	70	7	10,0
R2	22,32	68	4	17,0	72	6	12,0	76	8	9,5
R3	14,74	51	3	17,0	51	3	17,0	51	3	17,0
TOTALES FLOTA			11			15			18	

Disposición física de las estaciones y los trayectos

Ruta 1.

Tabla 4 Tiempos promedio entre estaciones para Ruta 1 Megabús

ESTACION	INTERCAMBIADOR CUBA	SAN FERNANDO	EL VIAJERO	AEROPUERTO	BATALLON	MARAYA	JARDIN	UCUMARI
DISTANCIA Km		0,8	1,1	1,00	0,30	0,37	0,59	0,28
	UCUMARI	CONSOTA	EL CAFETERO	FRANCISCO PEREIRA	CENTENARIO	CONDINA	FERROCARRIL	VILLAVICENCIO
		0,41	0,25	0,43	0,27	0,78	0,92	0,27
	VILLAVICENCIO	LA POPA	SANTA MONICA	MILAN	FUNDADORES	CAM	INTERCAMBIADOR DQS	
		1,24	0,44	0,39	0,38	0,49	0,78	

Ruta 2.

Tabla 5 Tiempos promedio entre estaciones Ruta 2 Megabús

TRONCAL 2	ESTACION	INTERCAMBIADOR CUBA	SAN FERNANDO	EL VIAJERO	AEROPUERTO	BATALLON	MARAYA	TURIN	EGOYA
	DISTANCIA Km		0,8	1,1	1,00	0,3	0,4	0,62	0,4
	EGOYA	COLISEO	ORMAZA	MERCADOS	EL LAGO	OTUN	VICTORIA	DEL CAFÉ	
		0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	0,38	0,3	
	DEL CAFÉ	VILLAVICENCIO	LA POPA	SANTAMONICA	MILAN	FUNDADORES	CAM	INTERCAMBIADOR DQS	
		0,5	1,2	0,4	0,4	0,4	0,49	0,8	
	INTERCAMBIADOR DQS	CAM	FUNDADORES	MILAN	SANTAMONICA	LA POPA	VIADUCTO	CENTRAL	
		0,8	0,5	0,4	0,4	0,5	1,3	0,5	
	CENTRAL	CLARET	CAÑARTE	LAS FLORES	BANDERAS	PALACIO DE JUSTICIA	RUANA	MARAYA	
		0,6	0,3	0,4	0,4	0,5	0,38	0,6	
	MARAYA	BATALLON	AEROPUERTO	EL VIAJERO	SAN FERNANDO	INTERCAMBIADOR CUBA			
		0,4	0,3	0,9	1	0,9	22,33		



Ruta 3.

Tabla 6 Tiempos promedio entre estaciones Ruta 3 Megabús

TRONCAL 3	ESTACION	INTERCAMBIADOR CUBA	SAN FERNANDO	EL VIAJERO	AEROPUERTO	BATALLON	MARAYA	TURIN	EGOYA	COLISEO
	DISTANCIA Km	0,8	1,1	1,00	0	0,4	0,6	0,4	0,4	
	COLISEO	ORMAZA	MERCADOS	EL LAGO	OTUN	VICTORIA	DEL CAFE	LIBERTAD	VIADUCTO	
	0,3	0,5	0,4	1	0,4	0,3	0,3	0,2		
	VIADUCTO	CENTRAL	CLARET	CAÑARTE	LAS FLORES	BANDERAS	PALACIO DE JUSTICIA	LA RUANA	MARAYA	
	0,5	0,6	0,3	0	0,4	0,5	0,4	0,6		
	MARAYA	BATALLON	AEROPUERTO	EL VIAJERO	SAN FERNANDO	INTERCAMBIADOR CUBA				
	0,4	0,3	0,9	1	0,9	###				

Tiempo promedio de parada de un bus en una estación

Depende del número de usuarios que asciende y desciende en la estación, El vehículo se detiene en todas las estaciones.

Número de pasajeros que ingresan por estación. (Total por día)

Tabla 7 Promedio de número de pasajeros que ingresa a estaciones Megabús por día

AEROPUERTO	BANDERAS	BATALLON	CAM	CAÑARTE	CENTENARIO	CENTRAL	CLARET	COLISEO	CONDINA
448	571	190	1.385	933	562	3.825	3.196	601	548
CONSOTA	DEL CAFE	EGOYA	EL CAFETERO	EL JARDIN	FERROCARRIL	FRANCISCO PEREIRA	FUNDADORES	INTER DE CUBA	INTER DE DQS
974	123	644	1.050	231	798	511	539	4.324	2.230
LA RUANA	LAGO	LAS FLORES	LIBERTAD	MARAYA	MERCADOS	MILAN	ORMAZA	OTUN	PALACIO
514	2.424	417	268	1.111	725	2.216	276	1.506	556
PARQUE OLAYA	POPA	SAN FERNANDO	SANTA MONICA	TURIN	UCUMARI	VIADUCTO	VIAJERO	VICTORIA	VILLAVICENCIO
1.303	2.263	1.137	1.419	470	824	1.171	978	3.446	1.029

Mecanismos o estrategias utilizadas para manejar posibles eventualidades

Operación Regular: consiste en ajustar la operación de la flota a las frecuencias programadas, cuando ha intervenido algún evento. Para el servicio troncal sólo se realiza desde los intercambiadores y se realiza informando a los usuarios para que el vehículo avance sin detenerse hasta cierta estación del sistema.

Según eventos culturales/deportivos es posible proyectar el incremento de usuarios en ciertas estaciones del sistema o líneas de alimentación.



1.2 Selección y depuración de información a utilizar para creación del modelo de simulación

Para el modelado y calibración del modelo de simulación se tomó la configuración de las horas valle de la mañana entre semana (días hábiles), es decir de 08:30 a 11:30. En este rango de tiempo la configuración del sistema es:

Tabla 8 Configuración rutas megabús horas valle – mañana – días hábiles. Fuente [1]

Ruta	Longitud (Km)	Tiempo Ciclo (min)	Flota	Frecuencia (min)
R1	22,72	68	8	8,5
R2	22,32	75	10	7,5
R3	14,74	51	6	8,5

Se decidió modelar el total de estaciones que componen las 3 troncales de Megabús, en caso de las estaciones sin intercambio se define un solo puerto de cargue/descargue de pasajeros y en el caso de las estaciones con intercambio se definen dos puertos para dicho fin, uno por cada sentido.

Dado que la información suministrada acerca de distancias entre estaciones y tiempos por trayecto no es consistente en las 3 troncales detalladas, se realiza un tratamiento de dicha información para trabajar con los promedios de distancias y tiempos.

Teniendo en cuenta que se tiene información de la cantidad de pasajeros diarios por estación mas no se tienen estadísticas de la frecuencia de llegada de pasajeros a cada estación se le define una frecuencia constante de dos (2) pasajeros por minuto y se define una cantidad de arribo máximo de pasajeros teniendo en cuenta el promedio de pasajeros diarios por estación.

Se define un tiempo de espera entre cargue y descargue de pasajeros de máximo 30 segundos.

Se define una capacidad invariable por articulado de 140 pasajeros.

Dado que no se cuenta con estadísticas de tendencias origen-destino, se define una probabilidad de selección de estación de destino uniforme, es decir que un pasajero que se sube en cualquiera de las estaciones tiene igual probabilidad de ir a cualquiera de las estaciones del sistema, excepto a la estación origen, independiente del número de trasbordos que deba realizar para alcanzar su objetivo.

Debido a restricciones de la herramienta de simulación se definió que un pasajero evalúa, durante su estancia en el sistema, un máximo de tres rutas para alcanzar su objetivo y que la selección de dichas rutas depende exclusivamente del tiempo del trayecto.

1.3 Implementación del modelo en Arena

El resultado de este proceso fue un modelo de simulación de eventos discretos implementado en Arena con un total de 37 estaciones (entre dobles, sin intercambio e intercambiadores), que permite medir el tiempo medio de uso del sistema por parte de los pasajeros y el porcentaje de

capacidad desperdiciada de los buses dependiendo de la configuración de rutas y frecuencias de salida de las mismas.

El modelo de simulación se compone de dos partes, una sección que simula el comportamiento de los pasajeros en el sistema y otra que reproduce el comportamiento de los buses, ambos sincronizados mediante variables globales.

En la Figura 2 se presenta la captura de pantalla del modelo de simulación final completo implementado sobre Arena, a continuación se presentarán imágenes de la implementación de algunos de los módulos del modelo de simulación

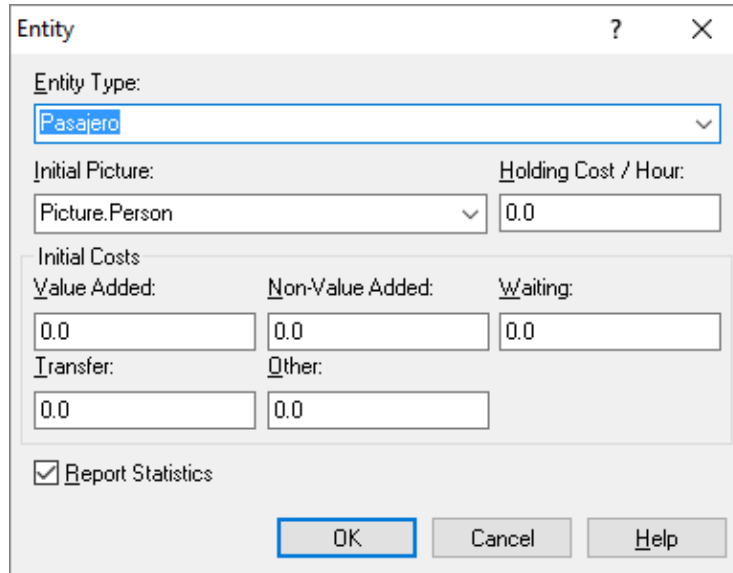


Figura 2 Captura de pantalla del modelo de simulación implementado

En las siguientes secciones se presentan imágenes con ejemplos de las configuraciones realizadas para cada uno de los sub-modelos, las configuraciones de las variables globales y de los atributos para las entidades involucradas.

1.3.1 Entidades

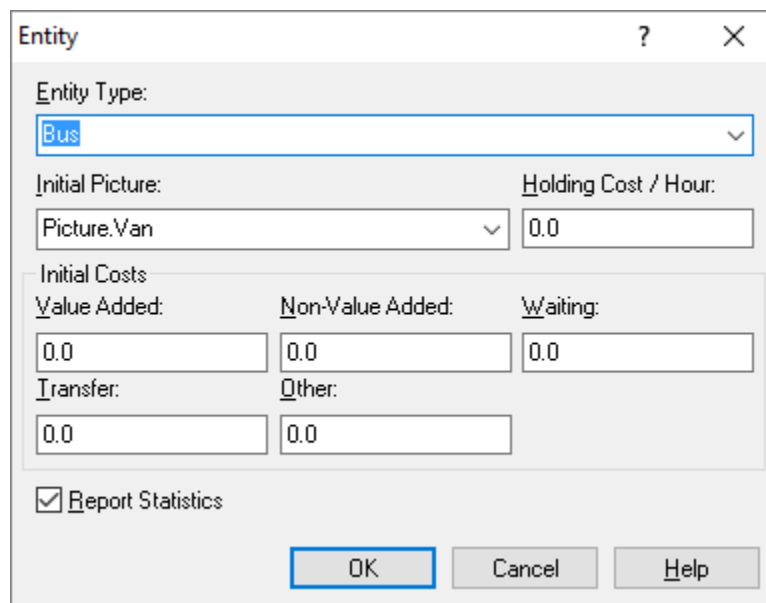
Para el funcionamiento del modelo se declaran dos entidades “Pasajero” y “Bus” que se configuran como se muestra en las siguientes imágenes:



The 'Entity' dialog box for 'Pasajero' contains the following fields and controls:

- Entity Type:** A dropdown menu with 'Pasajero' selected.
- Initial Picture:** A dropdown menu with 'Picture.Person' selected.
- Holding Cost / Hour:** A text input field containing '0.0'.
- Initial Costs:** A section containing five text input fields:
 - Value Added:** 0.0
 - Non-Value Added:** 0.0
 - Waiting:** 0.0
 - Transfer:** 0.0
 - Other:** 0.0
- Report Statistics:** A checked checkbox.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Figura 3 Configuración entidad Pasajero



The 'Entity' dialog box for 'Bus' contains the following fields and controls:

- Entity Type:** A dropdown menu with 'Bus' selected.
- Initial Picture:** A dropdown menu with 'Picture.Van' selected.
- Holding Cost / Hour:** A text input field containing '0.0'.
- Initial Costs:** A section containing five text input fields:
 - Value Added:** 0.0
 - Non-Value Added:** 0.0
 - Waiting:** 0.0
 - Transfer:** 0.0
 - Other:** 0.0
- Report Statistics:** A checked checkbox.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Figura 4 Configuración entidad Bus

1.3.2 Atributos

Los atributos declarados en el modelo con sus respectivos tipos y tamaños se presentan en la siguiente figura:



Attribute - Basic Process					
	Name	Rows	Columns	Data Type	Initial Values
1	Bus.Ruta			Real	1 rows
2	Bus.Id			Real	1 rows
3	Bus.Capacidad			Real	1 rows
4	Bus.CapacidadTotal			Real	1 rows
5	Pasajero.Tiempo			Real	1 rows
6	Pasajero.Escala			Real	1 rows
7	Pasajero.Bus			Real	1 rows
8	Pasajero.Ruta			Real	1 rows
9	Pasajero.Recorrido			String	0 rows
10	Pasajero.Destino			Real	1 rows
11	Pasajero.Origen			Real	1 rows
12	Pasajero.RecorridoTotal			String	0 rows

Figura 5 Atributos del modelo de simulación

Los siguientes son los valores iniciales para los atributos:

- Bus.Ruta: 0
- Bus.Id: 0
- Bus.Capacidad: 0
- Bus.CapacidadTotal: 0
- Pasajero.Tiempo: 0
- Pasajero.Escala: 0
- Pasajero.Bus: 0
- Pasajero.Ruta: 0
- Pasajero.Recorrido: ""
- Pasajero.Destino: 0
- Pasajero.Origen: 0
- Pasajero.RecorridoTotal: ""

1.3.3 Variables

Las variables declaradas en el modelo de simulación con sus respectivos tipos y tamaños se presentan en la siguiente figura:

1.3.4 Implementación estación de pasajeros

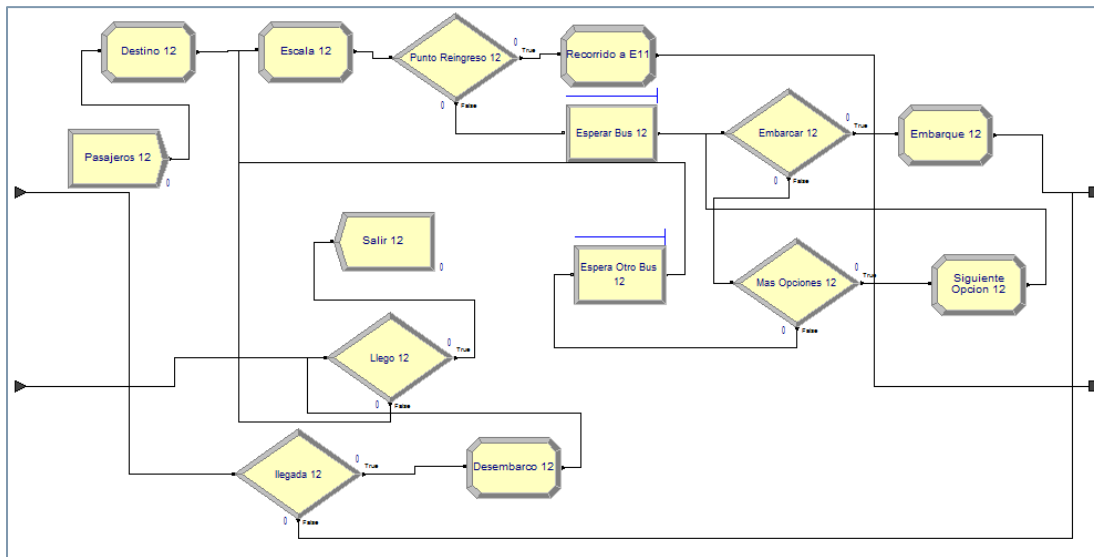


Figura 7 Sub-modelo estación de pasajeros

The 'Create' dialog box for the 'Pasajeros' module is shown. It has the following fields and values:

Name:		Entity Type:	
Pasajeros 12		Pasajero	
Time Between Arrivals			
Type:	Expression:	Units:	
Expression	POIS(PasajeroIn	Minutes	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
PasajeroNoPorArribo(1	PasajeroMaximo(12)	PasajeroTiempolnicio[

Buttons: OK, Cancel, Help

Figura 8 Configuración módulo Pasajeros

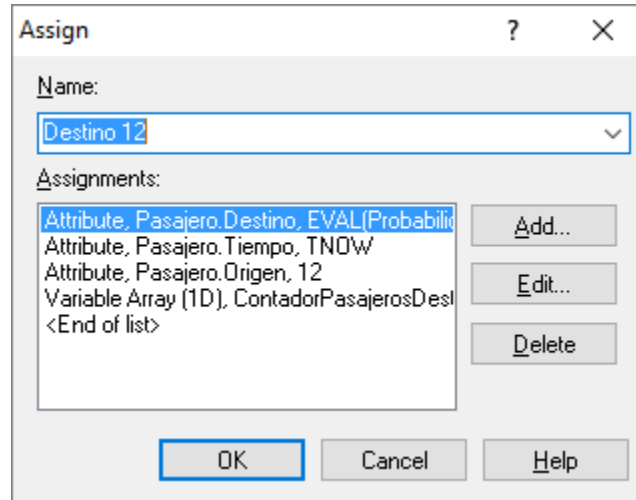


Figura 9 Configuración módulo Destino

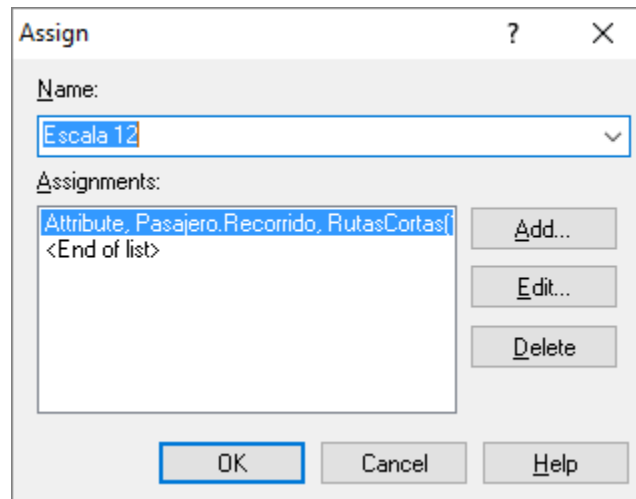


Figura 10 Configuración módulo Escala

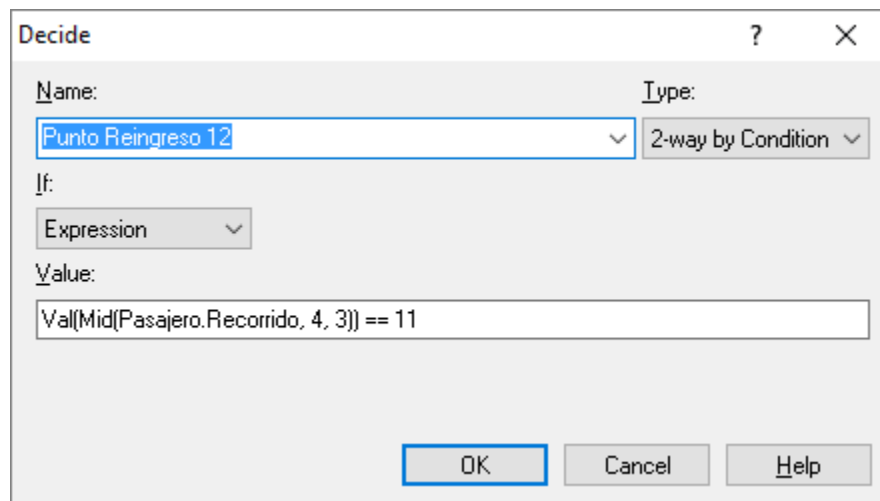
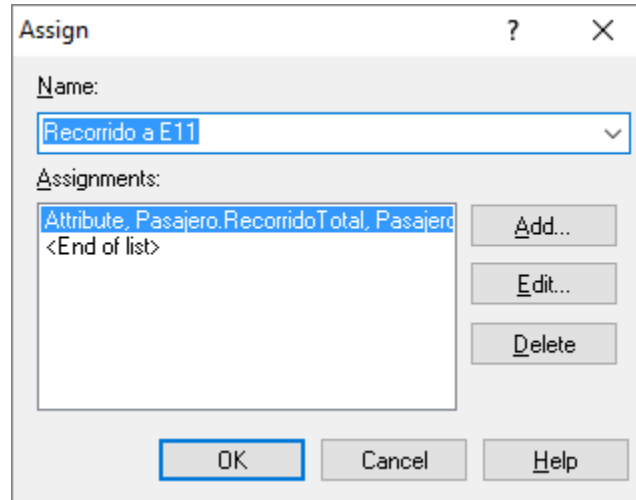


Figura 11 Configuración módulo Punto Reingreso



Assign ? X

Name:

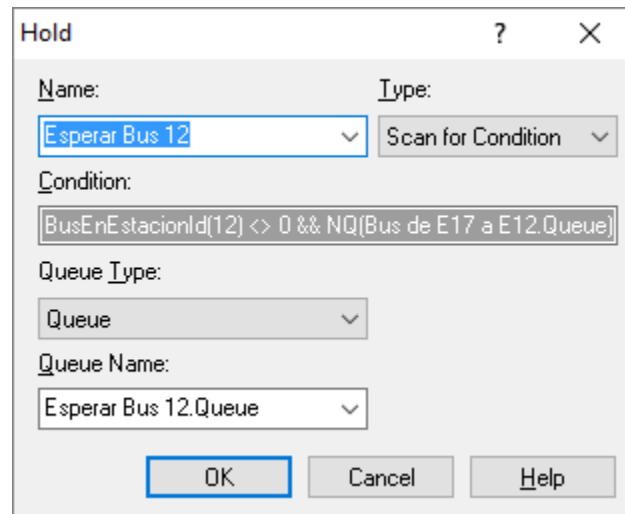
Assignments:

<End of list>

Add...
Edit...
Delete

OK Cancel Help

Figura 12 Configuración módulo Recorrido a X



Hold ? X

Name: Type:

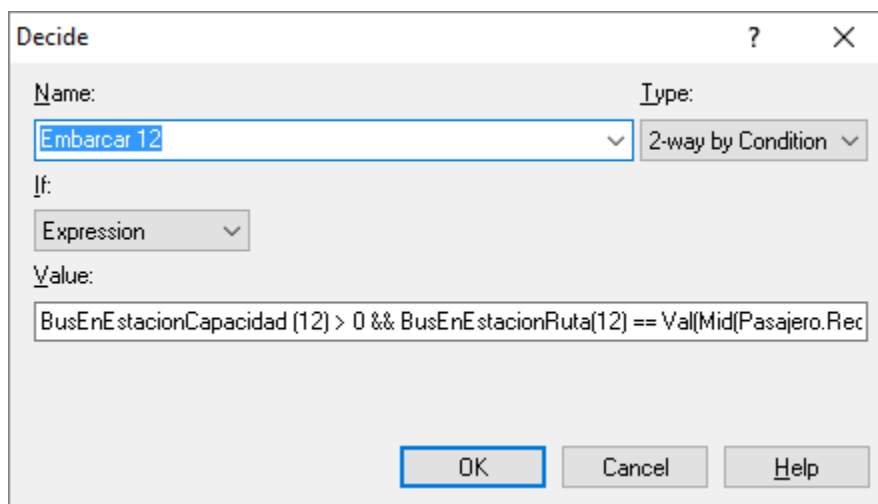
Condition:

Queue Type:

Queue Name:

OK Cancel Help

Figura 13 Configuración módulo Esperar Bus



Decide ? X

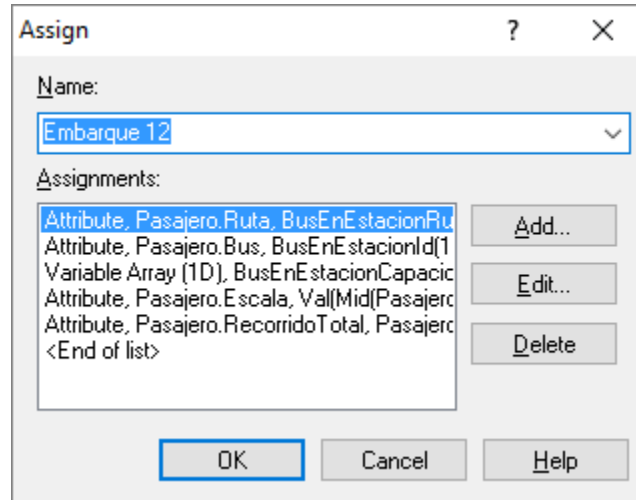
Name: Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

Figura 14 Configuración módulo Embarcar



Assign ? X

Name: Embarque 12

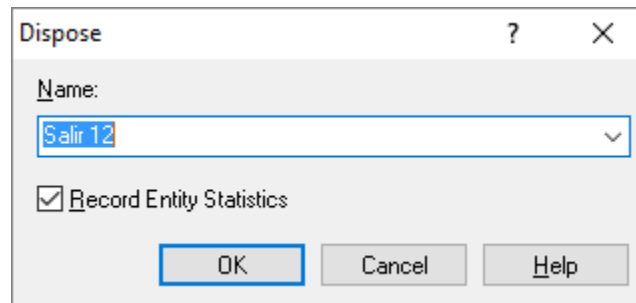
Assignments:

- Attribute, Pasajero.Ruta, BusEnEstacionRu
- Attribute, Pasajero.Bus, BusEnEstacionId[1
- Variable Array (1D), BusEnEstacionCapacit
- Attribute, Pasajero.Escala, Val(Mid(Pasajero
- Attribute, Pasajero.RecorridoTotal, Pasajero
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

Figura 15 Configuración módulo Embarque



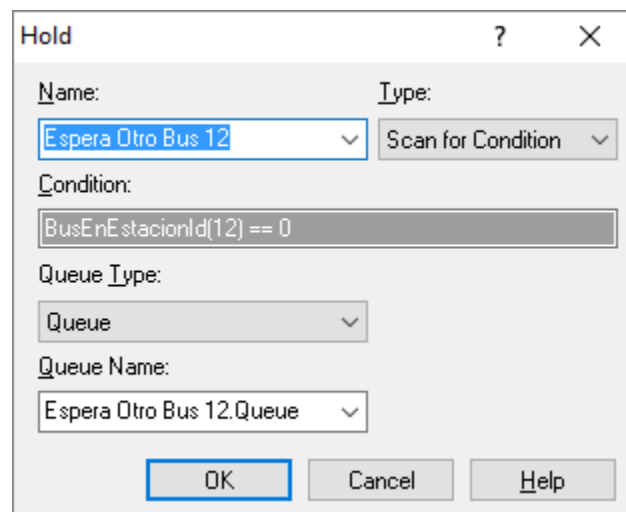
Dispose ? X

Name: Salir 12

Record Entity Statistics

OK Cancel Help

Figura 16 Configuración módulo Salir



Hold ? X

Name: Espera Otro Bus 12 Type: Scan for Condition

Condition: BusEnEstacionId(12) == 0

Queue Type: Queue

Queue Name: Espera Otro Bus 12.Queue

OK Cancel Help

Figura 17 Configuración módulo Espera Otro Bus

Decide ? X

Name: Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

Figura 18 Configuración módulo Más Opciones

Assign ? X

Name:

Assignments:

- Attribute_Pasajero.Recorrido, Mid(Pasajero
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

Figura 19 Configuración módulo Siguiete Opción

Decide ? X

Name: Type:

If: Named: Is:

Value:

OK Cancel Help

Figura 20 Configuración módulo Llego

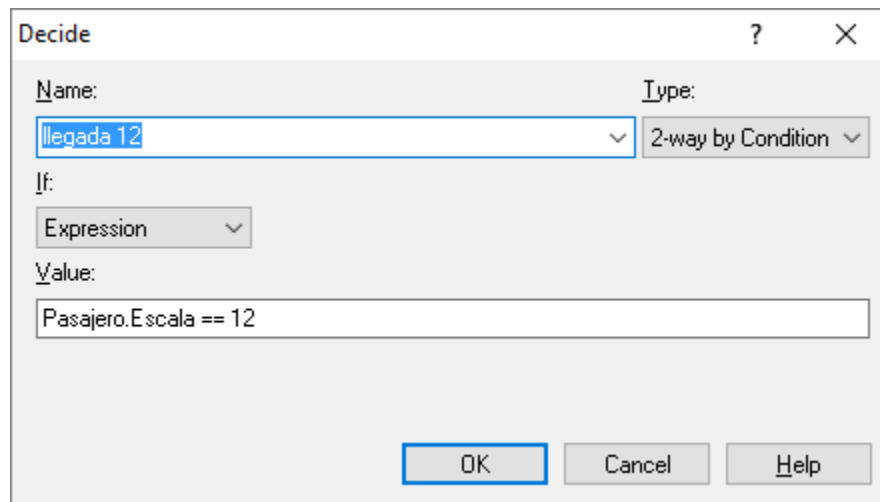


Figura 21 Configuración módulo Llegada

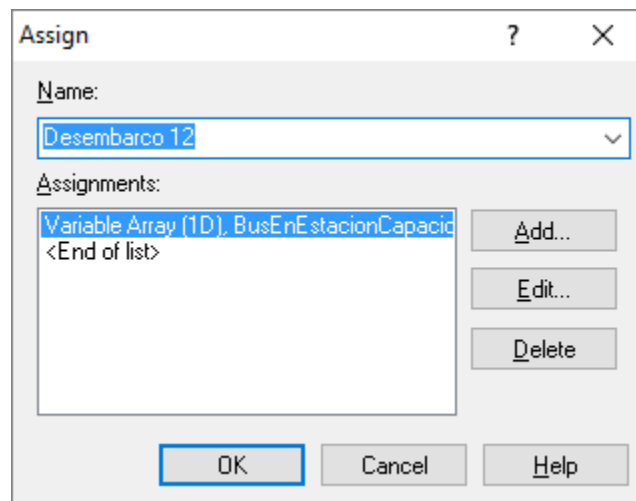


Figura 22 Configuración módulo Desembarco

1.3.5 Implementación del recorrido de los pasajeros

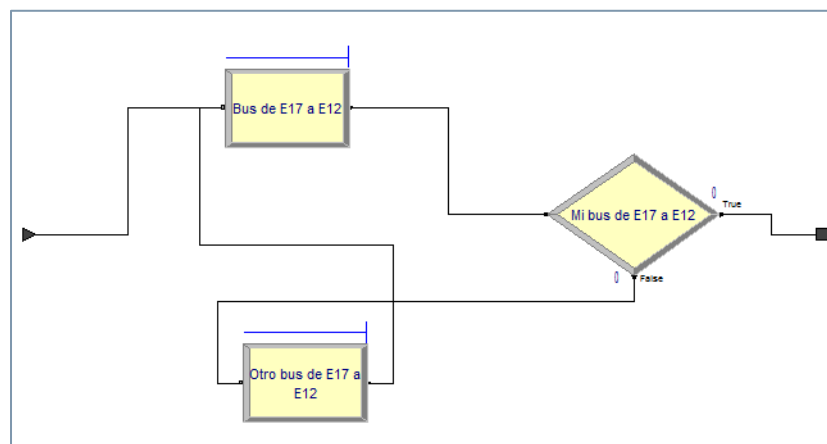
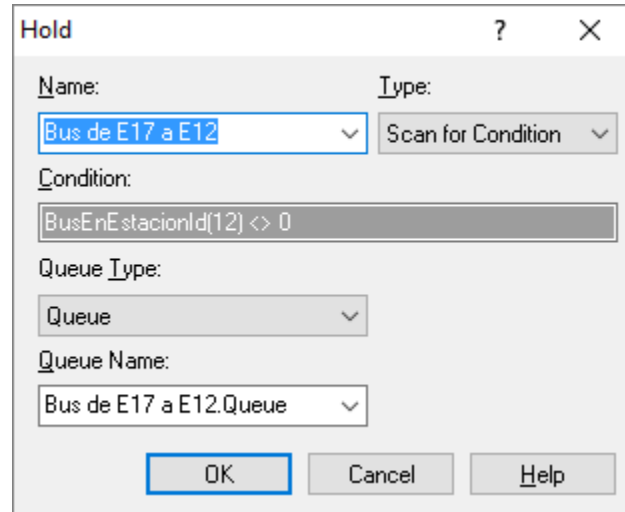


Figura 23 Sub-modelo recorrido de pasajeros



Hold ? X

Name: Type:

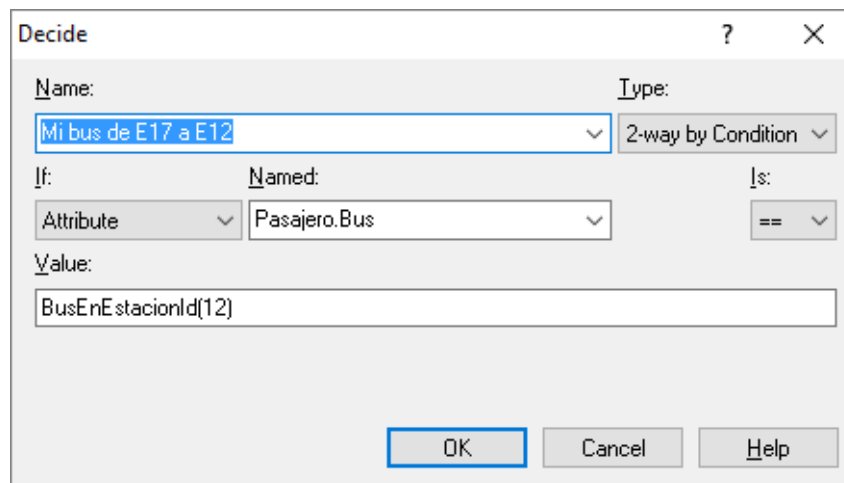
Condition:

Queue Type:

Queue Name:

OK Cancel Help

Figura 24 Configuración módulo Bus de X a Y



Decide ? X

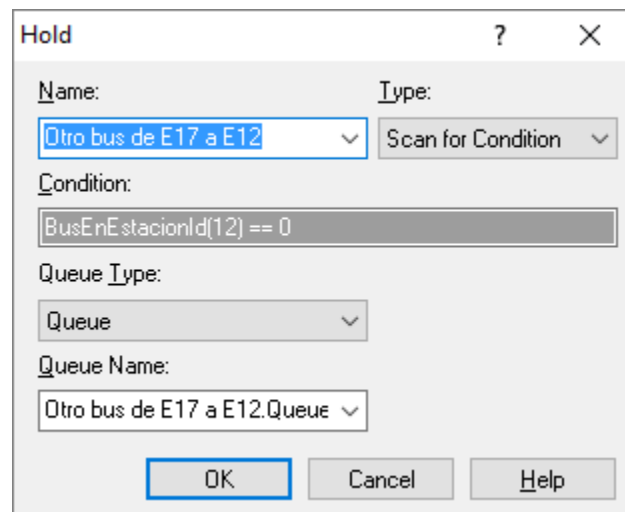
Name: Type:

If: Named: Is:

Value:

OK Cancel Help

Figura 25 Configuración módulo Mi Bus de X a Y



Hold ? X

Name: Type:

Condition:

Queue Type:

Queue Name:

OK Cancel Help

Figura 26 Configuración módulo Otro bus de X a Y

1.3.6 Implementación de cruce de pasajeros

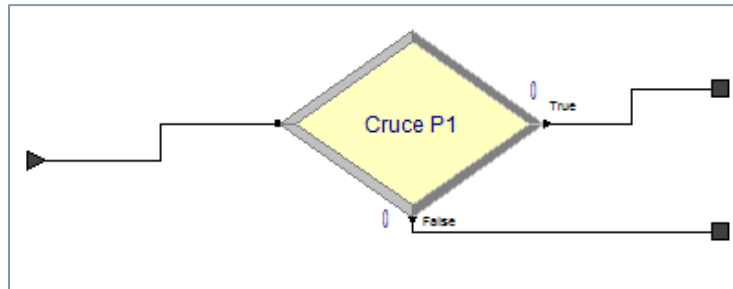


Figura 27 Sub-modelo Cruce de pasajeros

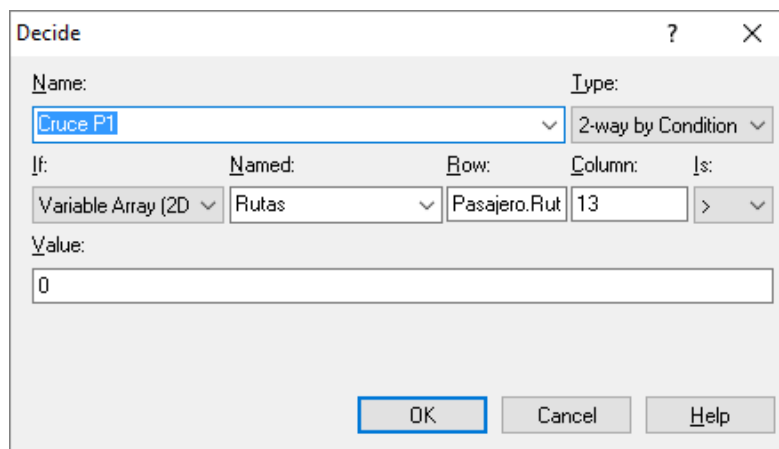


Figura 28 Configuración módulo Cruce

1.3.7 Implementación central de buses

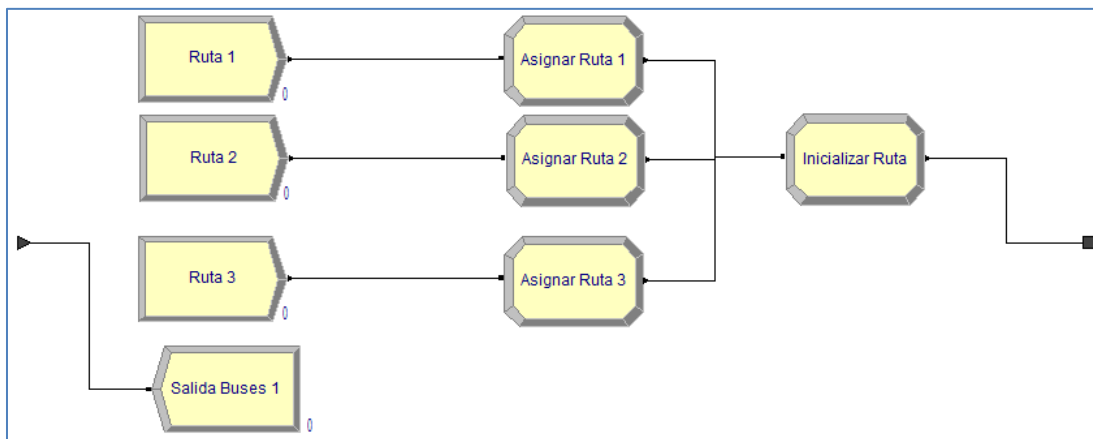


Figura 29 Sub-modelo central de buses



Create ? X

Name: Ruta 1 Entity Type: Bus

Time Between Arrivals

Type: Expression Expression: RutaIntervalos(1) Units: Minutes

Entities per Arrival: 1 Max Arrivals: RutaMaxBuses(1) First Creation: RutaTiempolnicio(1)

OK Cancel Help

Figura 30 configuración modulo ruta 1

Assign ? X

Name: Asignar Ruta 1

Assignments:

- Attribute, Bus.Ruta, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

Figura 31 Configuración modulo asignar ruta

Assign ? X

Name: Inicializar Ruta

Assignments:

- Variable, BusSiguieteld, BusSiguieteld +
- Attribute, Bus.Id, BusSiguieteld
- Attribute, Bus.CapacidadTotal, 140
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

Figura 32 Configuración modulo inicializar ruta

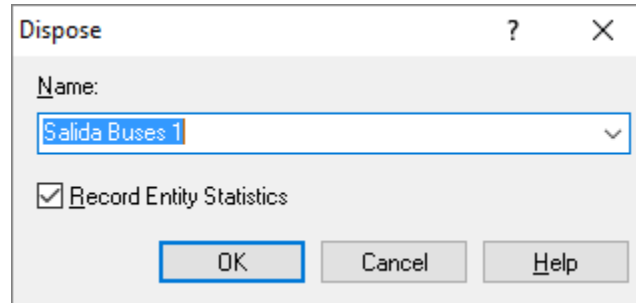


Figura 33 Configuración modulo Salida Buses

1.3.8 Implementación del recorrido de buses

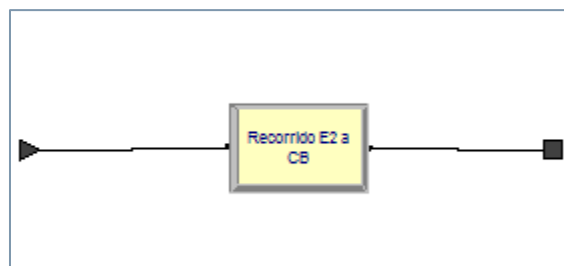


Figura 34 Sub-modelo recorrido entre estaciones de buses

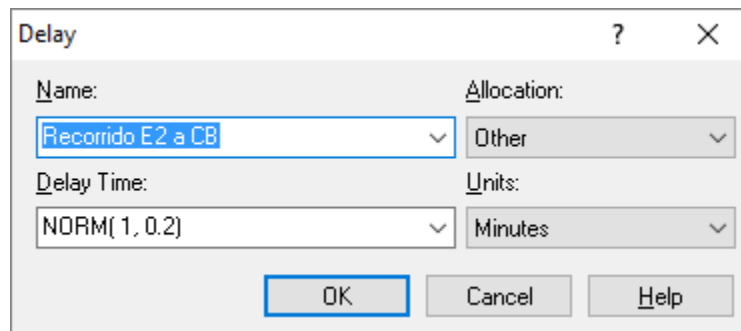


Figura 35 Configuración modulo recorrido

1.3.9 Implementación estación de buses

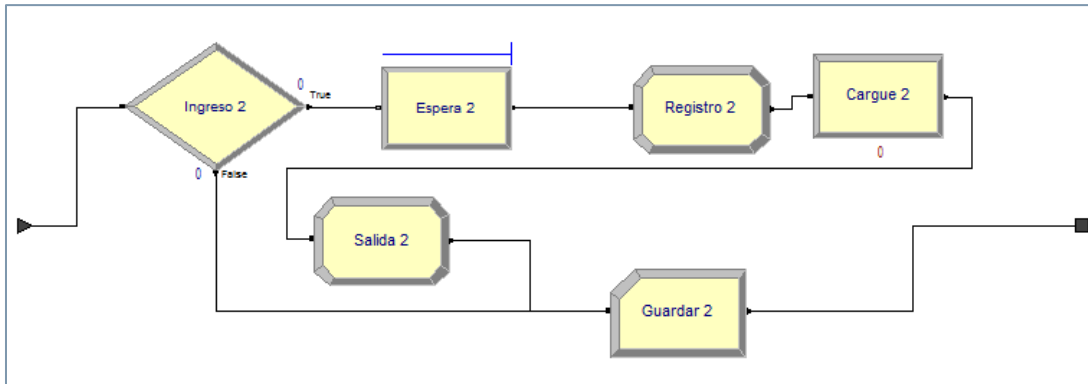


Figura 36 Sub-modelo estación de buses

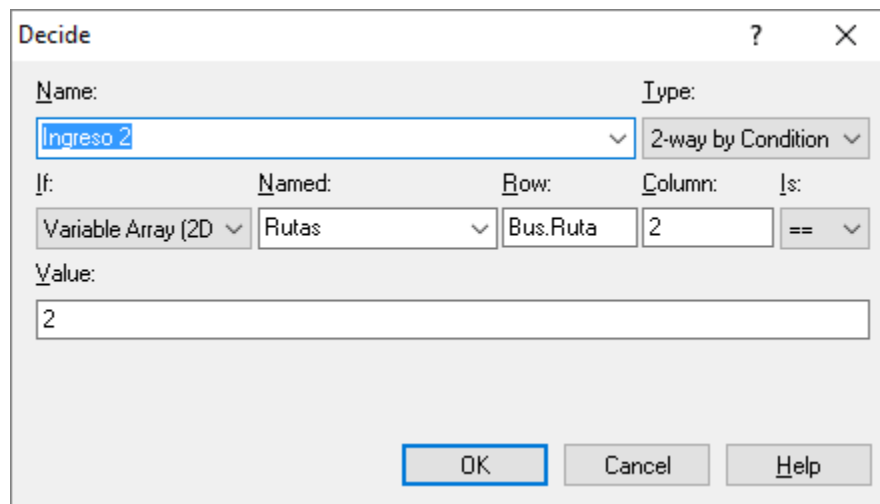


Figura 37 Configuración módulo Ingreso

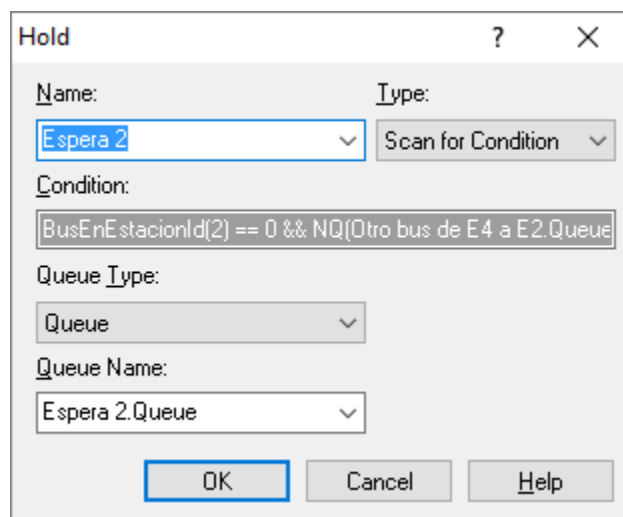


Figura 38 Configuración de módulo Espera

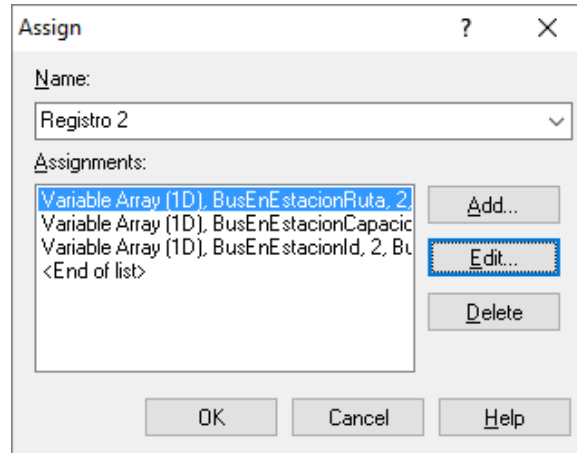


Figura 39 Configuración de módulo Registro

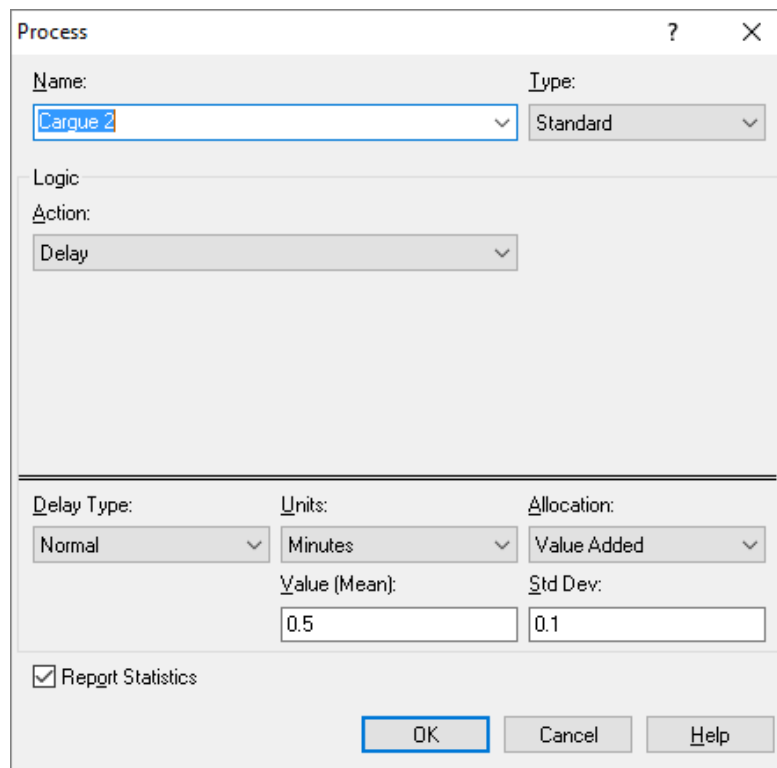


Figura 40 Configuración módulo Cargue

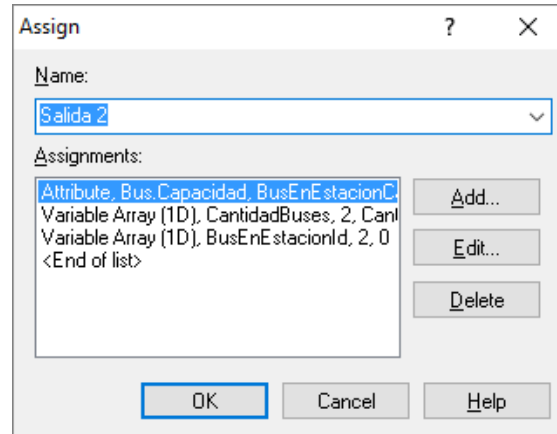


Figura 41 Configuración módulo Salida

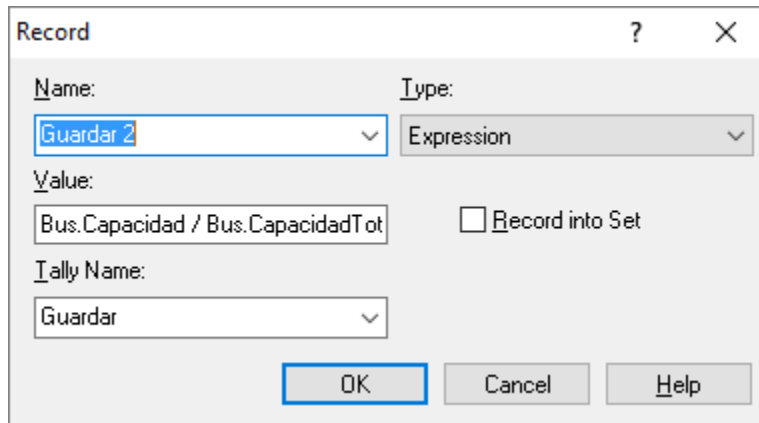


Figura 42 Configuración módulo Guardar

1.3.10 Implementación del cruce de buses

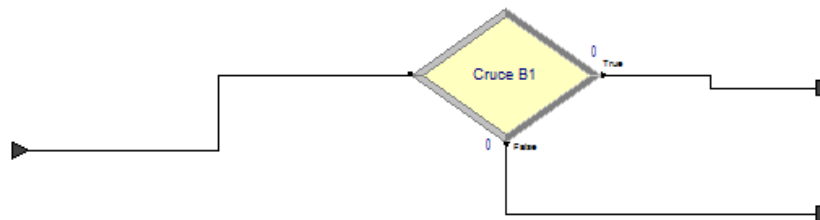


Figura 43 Sub-modelo cruce de buses

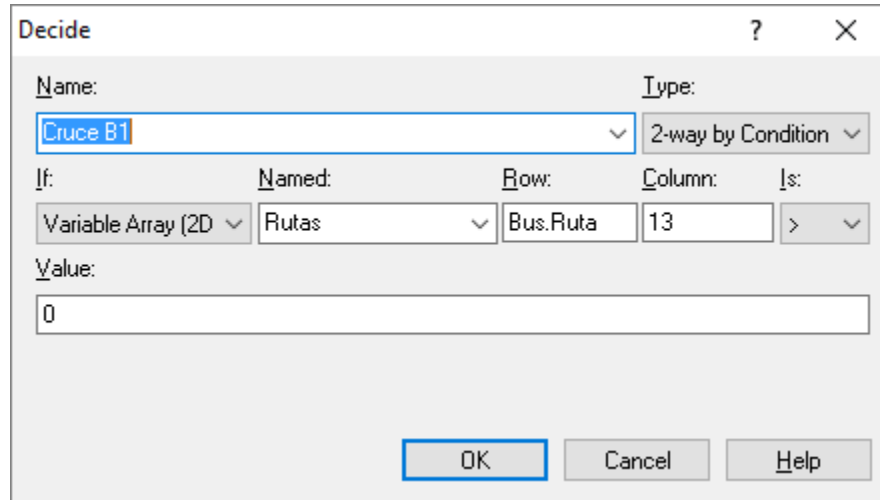


Figura 44 Configuración módulo Cruce buses

El modelo de simulación de Megabús implementado en este proyecto se anexa en el documento de Arena llamado: Megabus.doe

1.4 Configuración de probabilidad de destinos

Teniendo en cuenta que en la información disponible y en la provista por Megabús S.A. no se cuenta con datos exactos sobre la tendencia de viaje desde una estación a otra, para la creación del modelo de simulación se define que la probabilidad de que un pasajero que ingresa a una estación X tenga como destino una estación Y es igual para todos los pares X-Y, donde dichas variables corresponden a cualquier número de estación del sistema. En este orden de ideas se utilizó la función "DISC" de SIMAN que permite la evaluación de probabilidades acumuladas y se construyó el valor de la variable ProbabilidadDestinos de forma que permita evaluar la probabilidad de ir de una estación a otra solamente teniendo el número de estación de ingreso del pasajero. De esta forma se permite que, cuando existan datos de probabilidad de selección de destino, solamente se deba modificarse esta variable del modelo.

Ejemplo: en un modelo de 5 estaciones, si un pasajero que ingresa a la estación 1 tiene probabilidad de 20% de ir hasta la 2, 10% de ir hasta la 3, 40% de ir hasta la 4 y 30% de ir hasta la 5, la variable ProbabilidadDestinos(1) tendrá el siguiente valor:

"DISC(0.2, 2, 0.3, 3, 0.7, 4, 1.0, 5)"

Debido a que en las variables de SIMAN la longitud de una cadena es de máximo 255 caracteres y que la longitud del valor de la variable ProbabilidadDestinos puede superar por mucho ese valor, se decidió que dicha variable fuese una matriz de Nx4 (donde N es el número de estaciones), para permitir que la configuración de probabilidad tenga un máximo de 1024 (256 x 4) caracteres de longitud.

La configuración de probabilidad de destinos para el modelo de simulación de Megabús está definida en el archivo: probabilidad.txt anexo a este documento.



1.5 Configuración de rutas cortas

Además del destino seleccionado, el comportamiento de los usuarios de un STMP depende de las rutas disponibles y sus frecuencias. Luego de seleccionar un destino el pasajero selecciona la o las rutas que debe tomar para alcanzar su objetivo (llegar a su estación de destino), para simular este proceso se definió un sistema de “siguiente ruta y parada” que consiste en que para cada estación (que sería el origen del recorrido), se define un listado de las mejores opciones (ruta y parada) para alcanzar un objetivo. Esta matriz le permite al pasajero responder la pregunta: ¿Cuáles son las rutas que puedo tomar en la estación X para llegar en menor tiempo a la estación Y, y hasta donde debo llegar en esa ruta?.

Para el cálculo de la matriz de rutas cortas se implementó el algoritmo de Dijkstra. Teniendo en cuenta la topografía de las estaciones, recorridos y rutas en el sistema. El algoritmo genera una matriz de rutas cortas en donde para cada par de estaciones Origen-Destino encuentra un máximo de 3 mejores opciones de Ruta-Parada para indicar al pasajero cuál sería su mejor opción de recorrido.

La configuración de rutas cortas para el modelo de simulación de Megabús está definido en el archivo: rutas_cortas.txt. El contenido de este archivo deberá establecerse en la variable “Rutas cortas” de los archivos de SIMAN conforme se explica en la monografía.

En el modelo de simulación si un pasajero necesita llegar desde X a Y pero no existe una ruta directa, la matriz de rutas cortas le indica la(s) ruta(s) y estación(es) intermedia(s) que debe utilizar para alcanzar su objetivo.

1.6 Generación de archivos fuente en código SIMAN

Finalizado el proceso de modelado, se generaron los archivos en código SIMAN y se realizaron las modificaciones descritas en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de la monografía para que sirvieran como insumo de MOGBHS – TNDPSP.

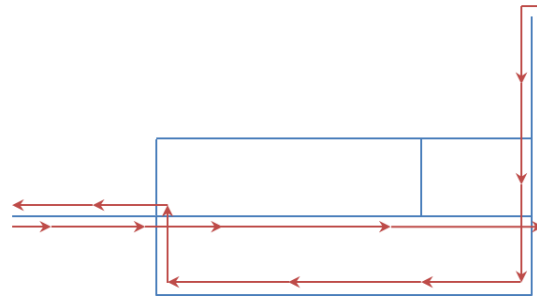
Los archivos resultado del proceso fueron: Transporte.mod, y Transporte.exp. Además se construyó el archivo Transporte.bat para facilitar la ejecución de las simulaciones por parte del algoritmo.

Observación: los archivos mencionados en este anexo se encuentran en las siguientes rutas de la carpeta del proyecto de investigación:

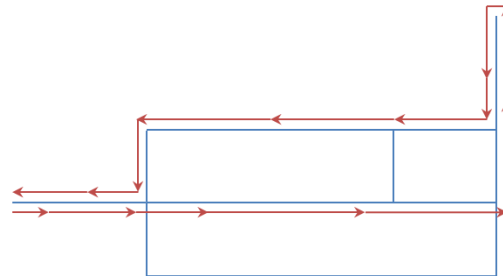
- ModeloSimulacion\Megabus.doe
- ModeloSimulacion\probabilidad.txt
- ModeloSimulacion\rutascortas.txt
- CodigoSIMAN\Transporte.mod
- CodigoSIMAN\Transporte.exp
- CodigoSIMAN\Transporte.bat

1.7 Referencias

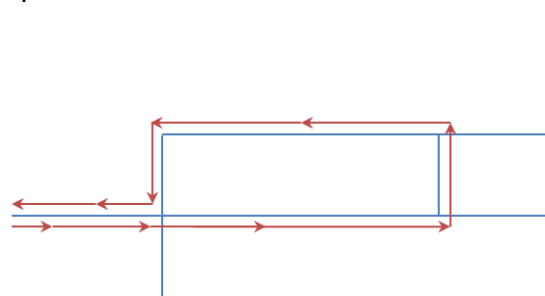
1. Megabús S.A, A.P., *Información operativa Megabús*. 2016. p. 4.



4. Este recorrido corresponde a la actual Ruta 2 del STMP real



5. Este recorrido corresponde a la actual Ruta 3 del STMP real



Los recorridos incluyen 30, 41, 42 y 43 estaciones (dos de ellos incluyen 42 estaciones)

Luego de revisar el comportamiento de los usuarios en un sistema de transporte e identificar que comúnmente un usuario no realiza más de 3 recorridos en un sistema, se decidió utilizar ese valor para el parámetro de fuerza de los CAs. Para cada estación en las rutas es necesario saber si se detiene (1) o no (0), por tanto se cuenta con un alfabeto de 2 (binario). Por lo anterior se seleccionan los siguientes CAs para la generación de rutas:

- CA(24; 30, 2, 3)
- CA(26; 41, 2, 3)
- CA(26; 42, 2, 3)
- CA(26; 43, 2, 3)

Luego de remover las estaciones que no incluían más de dos rutas lógicas en su recorrido se adicionó una ruta fácil (que se detiene en todas las estaciones), para cada recorrido.

En total se identificaron 124 posibles rutas para el STMP, el listado completo se presenta en la Tabla 9. El detalle de cada ruta está definido como un conjunto de elementos en donde cada



uno de ellos indica si la ruta pasa hacia una estación específica y se detiene o no en dicha estación. Los elementos tienen el formato:

<numero_estacion> | <se_detiene_en_estacion>

El valor de “numero_estacion” es un entero que indica que la ruta pasa por dicha estación y el valor de “se_detiene_en_estacion” es un booleano que indica que los buses que cumplen dicha ruta se detienen o no en la estación asociada.

Tabla 9 Rutas viables encontradas para Megabús

# ruta	Detalle de ruta
1	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 0, 34 1, 38 0, 42 0, 43 0, 44 1, 39 1, 35 0, 31 0, 27 1, 23 0, 19 0, 15 1, 14 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
2	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 0, 18 1, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 44 1, 39 1, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 0, 14 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
3	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 0, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 1, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 44 0, 39 1, 35 0, 31 1, 27 0, 23 1, 19 0, 15 0, 14 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
4	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 0, 18 0, 22 1, 26 0, 30 0, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 44 1, 39 0, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 1, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
5	1 1, 3 0, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 0, 43 1, 44 0, 39 1, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 0, 14 0, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 0, 2 1
6	1 1, 3 0, 5 1, 7 0, 59 1, 9 0, 13 1, 18 1, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 44 0, 39 0, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
7	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 13 0, 18 1, 22 0, 26 0, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 44 1, 39 0, 35 0, 31 0, 27 0, 23 0, 19 0, 15 1, 14 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
8	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 0, 38 1, 42 1, 43 1, 44 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 0, 23 0, 19 1, 15 1, 14 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 0
9	1 1, 3 0, 5 0, 7 1, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 1, 30 1, 34 0, 38 0, 42 1, 43 0, 44 1, 39 0, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 0, 2 1
10	1 0, 3 1, 5 1, 7 1, 59 0, 9 0, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 0, 34 0, 38 1, 42 0, 43 1, 44 0, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
11	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 0, 13 0, 18 1, 22 0, 26 0, 30 1, 34 1, 38 0, 42 0, 43 0, 44 0, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
12	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 0, 22 0, 26 0, 30 0, 34 0, 38 0, 42 0, 43 0, 44 0, 39 0, 35 0, 31 0, 27 0, 23 0, 19 0, 15 0, 14 0, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
13	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 1, 9 0, 13 1, 18 1, 22 1, 26 1, 30 0, 34 0, 38 1, 42 1, 43 0, 44 1, 39 1, 35 1, 31 1, 27 0, 23 0, 19 0, 15 0, 14 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
14	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 0, 9 0, 13 1, 18 1, 22 1, 26 0, 30 0, 34 1, 38 1, 42 0, 43 0, 44 0, 39 0, 35 1, 31 0, 27 0, 23 1, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 0, 2 0
15	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 0, 26 0, 30 0, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 44 1, 39 1, 35 1, 31 1, 27 0, 23 0, 19 0, 15 1, 14 0, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
16	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 44 0, 39 0, 35 1, 31 1, 27 0, 23 0, 19 1, 15 0, 14 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
17	1 1, 3 0, 5 0, 7 0, 59 1, 9 1, 13 0, 18 0, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 1, 42 0, 43 0, 44 0, 39 0, 35 1, 31 1, 27 0, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
18	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 13 0, 18 0, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 0, 42 1, 43 0, 44 0, 39 1, 35 0, 31 0, 27 0, 23 1, 19 1, 15 0, 14 0, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 0
19	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 1, 34 1, 38 0, 42 0, 43 0, 44 1, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1



20	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 1, 13 0, 18 1, 22 1, 26 1, 30 1, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 44 0, 39 0, 35 1, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 0, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
21	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 0, 44 1, 39 0, 35 0, 31 0, 27 0, 23 1, 19 1, 15 0, 14 1, 10 0, 60 0, 8 0, 6 0, 4 0, 2 1
22	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 0, 9 0, 13 1, 18 1, 22 0, 26 0, 30 0, 34 0, 38 1, 42 1, 43 0, 44 1, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 0, 14 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
23	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 13 1, 18 0, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 44 0, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 0, 19 0, 15 1, 14 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
24	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 1, 22 1, 26 1, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 44 1, 39 1, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 1
25	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 0, 43 1, 46 0, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 39 0, 35 1, 31 0, 27 1, 23 0, 19 0, 15 0, 14 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
26	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 0, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 0, 54 0, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 0, 8 0, 6 0, 4 0, 2 0
27	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 0, 54 0, 56 1, 58 0, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 0, 31 1, 27 0, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 0, 2 0
28	1 1, 3 0, 5 0, 7 0, 59 1, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 46 1, 48 1, 50 0, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 0, 49 1, 47 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
29	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 39 0, 35 1, 31 0, 27 0, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
30	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 0, 34 0, 38 0, 42 0, 43 0, 46 0, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 0, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 39 0, 35 1, 31 0, 27 0, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
31	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 0, 34 1, 38 1, 42 1, 43 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 0, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 39 0, 35 1, 31 0, 27 0, 23 1, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
32	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 0, 26 0, 30 0, 34 0, 38 1, 42 0, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 0, 31 1, 27 0, 23 1, 19 1, 15 0, 14 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
33	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 0, 18 0, 22 0, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 0, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 0, 47 0, 39 1, 35 1, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 0, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
34	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 0, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 0, 14 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 0, 4 1, 2 0
35	1 1, 3 0, 5 1, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 0, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
36	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 13 0, 18 1, 22 0, 26 1, 30 1, 34 1, 38 0, 42 1, 43 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 0, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 1, 39 1, 35 0, 31 1, 27 0, 23 0, 19 0, 15 1, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
37	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 1, 42 1, 43 0, 46 0, 48 0, 50 1, 52 0, 54 0, 56 0, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 0, 23 0, 19 1, 15 1, 14 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
38	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 0, 9 1, 13 0, 18 0, 22 1, 26 1, 30 1, 34 0, 38 1, 42 1, 43 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 0, 54 1, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 1, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
39	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 39 1, 35 0, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
40	1 0, 3 0, 5 1, 7 0, 59 1, 9 0, 13 1, 18 1, 22 1, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 0, 39 1, 35 1, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 0, 14 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
41	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 13 0, 18 0, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 0, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 39 0, 35 0, 31 0, 27 0, 23 1, 19 0, 15 0, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
42	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 0, 34 0, 38 0, 42 1, 43 0, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 39 0, 35 1, 31 1, 27 0, 23 0, 19 0, 15 0, 14 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
43	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 0, 34 0, 38 0, 42 1, 43 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 1, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 39 1, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 0, 15 0, 14 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
44	1 0, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 13 1, 18 1, 22 0, 26 0, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 46 0, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 1, 53 1, 51 1, 49 1, 47 0, 39 1, 35 1, 31 0, 27 0, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 0, 2 1
45	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 13 0, 18 1, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 0, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 0, 54 0, 56 1, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 0, 47 1, 39 0, 35 1, 31 0, 27 1, 23 0, 19 1, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0



46	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 1, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 0, 34 1, 38 1, 42 0, 43 0, 46 1, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 1, 53 0, 51 0, 49 1, 47 0, 39 0, 35 1, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 0, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
47	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 0, 13 0, 18 0, 22 0, 26 1, 30 1, 34 1, 38 1, 42 0, 43 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 0, 39 0, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 1, 15 1, 14 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
48	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 0, 26 0, 30 0, 34 1, 38 0, 42 0, 43 1, 46 1, 48 0, 50 1, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 39 1, 35 0, 31 0, 27 0, 23 0, 19 1, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
49	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 1, 22 1, 26 1, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 1
50	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 0, 43 1, 46 0, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 45 0, 41 1, 37 0, 33 1, 29 0, 25 0, 21 0, 17 1, 12 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
51	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 0, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 0, 54 0, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 45 0, 41 0, 37 1, 33 1, 29 1, 25 0, 21 0, 17 0, 12 1, 10 0, 60 0, 8 0, 6 0, 4 0, 2 1
52	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 0, 54 0, 56 1, 58 0, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 0, 37 1, 33 0, 29 1, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 0, 4 0, 2 1
53	1 1, 3 0, 5 0, 7 0, 59 1, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 46 1, 48 1, 50 0, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 0, 49 1, 47 1, 45 1, 41 1, 37 0, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 0, 12 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
54	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 45 0, 41 1, 37 1, 33 0, 29 1, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
55	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 0, 34 0, 38 0, 42 0, 43 0, 46 0, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 45 0, 41 1, 37 0, 33 0, 29 1, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 0
56	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 0, 34 1, 38 1, 42 1, 43 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 0, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 45 0, 41 1, 37 0, 33 0, 29 1, 25 0, 21 0, 17 0, 12 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
57	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 0, 26 0, 30 0, 34 0, 38 1, 42 0, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 0, 37 1, 33 0, 29 1, 25 1, 21 0, 17 1, 12 0, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
58	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 0, 18 0, 22 0, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 0, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 0, 47 0, 45 1, 41 1, 37 1, 33 1, 29 0, 25 1, 21 1, 17 0, 12 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
59	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 0, 45 0, 41 0, 37 1, 33 1, 29 0, 25 1, 21 0, 17 1, 12 1, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
60	1 1, 3 0, 5 1, 7 0, 59 0, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 0, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 0, 37 0, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 0, 12 0, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
61	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 13 0, 18 1, 22 0, 26 1, 30 1, 34 1, 38 0, 42 1, 43 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 0, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 1, 45 1, 41 0, 37 1, 33 0, 29 0, 25 0, 21 1, 17 0, 12 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
62	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 13 1, 18 1, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 1, 42 1, 43 0, 46 0, 48 0, 50 1, 52 0, 54 0, 56 0, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 45 1, 41 1, 37 0, 33 0, 29 0, 25 1, 21 1, 17 1, 12 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 0
63	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 0, 9 1, 13 0, 18 0, 22 1, 26 1, 30 1, 34 0, 38 1, 42 1, 43 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 0, 54 1, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 1, 45 0, 41 0, 37 1, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 1, 12 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
64	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 0, 30 1, 34 0, 38 0, 42 0, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 45 1, 41 0, 37 1, 33 1, 29 1, 25 0, 21 0, 17 0, 12 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 1
65	1 0, 3 0, 5 1, 7 0, 59 1, 9 0, 13 1, 18 1, 22 1, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 1, 43 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 0, 45 1, 41 1, 37 1, 33 1, 29 0, 25 1, 21 0, 17 1, 12 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 0
66	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 13 0, 18 0, 22 0, 26 1, 30 1, 34 0, 38 0, 42 1, 43 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 45 0, 41 0, 37 0, 33 0, 29 1, 25 0, 21 0, 17 1, 12 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
67	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 0, 34 0, 38 0, 42 1, 43 0, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 45 0, 41 1, 37 1, 33 0, 29 0, 25 0, 21 0, 17 1, 12 0, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
68	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 13 1, 18 0, 22 1, 26 1, 30 0, 34 0, 38 0, 42 1, 43 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 1, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 45 1, 41 0, 37 1, 33 1, 29 0, 25 0, 21 0, 17 1, 12 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
69	1 0, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 13 1, 18 1, 22 0, 26 0, 30 1, 34 0, 38 1, 42 0, 43 0, 46 0, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 1, 53 1, 51 1, 49 1, 47 0, 45 1, 41 1, 37 0, 33 0, 29 1, 25 0, 21 1, 17 0, 12 0, 10 0, 60 0, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
70	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 13 0, 18 1, 22 0, 26 1, 30 0, 34 1, 38 0, 42 0, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 0, 54 0, 56 1, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 0, 47 1, 45 0, 41 1, 37 0, 33 1, 29 0, 25 1, 21 0, 17 0, 12 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
71	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 1, 9 0, 13 0, 18 1, 22 1, 26 0, 30 0, 34 1, 38 1, 42 0, 43 0, 46 1, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 1, 53 0, 51 0, 49 1, 47 0, 45 0, 41 1, 37 1, 33 1, 29 0, 25 1, 21 1, 17 0, 12 0, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1



72	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 0, 13 0, 18 0, 22 0, 26 1, 30 1, 34 1, 38 1, 42 0, 43 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 0, 45 0, 41 0, 37 0, 33 1, 29 1, 25 1, 21 1, 17 0, 12 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
73	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 13 1, 18 0, 22 0, 26 0, 30 0, 34 1, 38 0, 42 0, 43 1, 46 1, 48 0, 50 1, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 45 1, 41 0, 37 0, 33 0, 29 0, 25 1, 21 0, 17 0, 12 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
74	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 13 1, 18 1, 22 1, 26 1, 30 1, 34 1, 38 1, 42 1, 43 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 1, 37 1, 33 1, 29 1, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 1
75	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 1, 36 1, 40 0, 46 1, 48 0, 50 0, 52 0, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 39 0, 35 0, 31 1, 27 0, 23 1, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
76	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 11 0, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 0, 36 0, 40 0, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 39 1, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 1, 15 0, 14 0, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 0, 2 0
77	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 1, 36 1, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 0, 56 0, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 0, 49 1, 47 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 0
78	1 1, 3 0, 5 0, 7 0, 59 1, 9 1, 11 1, 16 1, 20 0, 24 1, 28 1, 32 0, 36 1, 40 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 1, 39 1, 35 1, 31 1, 27 0, 23 1, 19 1, 15 0, 14 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
79	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 0, 16 1, 20 1, 24 0, 28 1, 32 1, 36 1, 40 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
80	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 1, 16 0, 20 1, 24 1, 28 0, 32 0, 36 0, 40 0, 46 0, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 0, 31 1, 27 0, 23 0, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
81	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 0, 32 1, 36 1, 40 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 1, 49 0, 47 0, 39 0, 35 0, 31 1, 27 0, 23 0, 19 1, 15 0, 14 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
82	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 0, 16 1, 20 0, 24 0, 28 0, 32 0, 36 1, 40 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 0, 19 1, 15 1, 14 0, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
83	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 11 0, 16 0, 20 0, 24 0, 28 1, 32 0, 36 0, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 0, 49 1, 47 0, 39 0, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 1, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
84	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 11 1, 16 1, 20 0, 24 1, 28 1, 32 0, 36 1, 40 0, 46 0, 48 1, 50 0, 52 1, 54 0, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 39 0, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 0, 2 1
85	1 1, 3 0, 5 1, 7 0, 59 0, 9 0, 11 0, 16 1, 20 1, 24 1, 28 0, 32 1, 36 0, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 0, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 0, 23 1, 19 1, 15 0, 14 1, 10 0, 60 0, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
86	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 11 0, 16 1, 20 0, 24 1, 28 1, 32 1, 36 0, 40 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 39 1, 35 1, 31 0, 27 1, 23 0, 19 0, 15 0, 14 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
87	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 11 1, 16 1, 20 0, 24 1, 28 0, 32 1, 36 1, 40 1, 46 0, 48 0, 50 0, 52 1, 54 0, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 39 1, 35 1, 31 1, 27 0, 23 0, 19 0, 15 1, 14 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
88	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 0, 9 1, 11 0, 16 0, 20 1, 24 1, 28 1, 32 0, 36 1, 40 1, 46 0, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 1, 58 0, 57 0, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 0, 39 1, 35 0, 31 0, 27 1, 23 1, 19 1, 15 0, 14 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
89	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 0, 36 0, 40 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 39 0, 35 1, 31 0, 27 1, 23 1, 19 1, 15 0, 14 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
90	1 0, 3 0, 5 1, 7 0, 59 1, 9 0, 11 1, 16 1, 20 1, 24 1, 28 0, 32 1, 36 0, 40 1, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 0, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 0, 51 1, 49 0, 47 1, 39 0, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
91	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 11 0, 16 0, 20 0, 24 1, 28 1, 32 0, 36 0, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 39 0, 35 0, 31 0, 27 0, 23 0, 19 1, 15 0, 14 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
92	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 11 0, 16 1, 20 1, 24 0, 28 0, 32 0, 36 0, 40 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 39 1, 35 0, 31 1, 27 1, 23 0, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
93	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 11 1, 16 0, 20 1, 24 1, 28 0, 32 0, 36 0, 40 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 39 0, 35 1, 31 0, 27 1, 23 1, 19 0, 15 0, 14 0, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
94	1 0, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 11 1, 16 1, 20 0, 24 0, 28 1, 32 0, 36 1, 40 0, 46 0, 48 0, 50 0, 52 1, 54 0, 56 1, 58 1, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 39 0, 35 1, 31 1, 27 0, 23 0, 19 1, 15 0, 14 1, 10 0, 60 0, 8 0, 6 0, 4 1, 2 0
95	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 11 0, 16 1, 20 0, 24 1, 28 0, 32 1, 36 0, 40 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 0, 39 1, 35 0, 31 1, 27 0, 23 1, 19 0, 15 1, 14 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
96	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 1, 9 0, 11 0, 16 1, 20 1, 24 0, 28 0, 32 1, 36 1, 40 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 1, 51 0, 49 0, 47 1, 39 0, 35 0, 31 1, 27 1, 23 1, 19 0, 15 1, 14 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
97	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 0, 11 0, 16 0, 20 0, 24 1, 28 1, 32 1, 36 1, 40 0, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 39 0, 35 0, 31 0, 27 0, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 1, 4 0, 2 1



98	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 0, 24 0, 28 0, 32 1, 36 0, 40 0, 46 1, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 39 1, 35 1, 31 0, 27 0, 23 0, 19 0, 15 1, 14 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
99	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 1, 20 1, 24 1, 28 1, 32 1, 36 1, 40 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 39 1, 35 1, 31 1, 27 1, 23 1, 19 1, 15 1, 14 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 1
100	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 1, 36 1, 40 0, 46 1, 48 0, 50 0, 52 0, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 45 0, 41 0, 37 1, 33 0, 29 1, 25 0, 21 0, 17 0, 12 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
101	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 11 0, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 0, 36 0, 40 0, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 45 1, 41 0, 37 0, 33 1, 29 1, 25 1, 21 0, 17 0, 12 0, 10 1, 60 0, 8 0, 6 0, 4 0, 2 0
102	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 1, 36 1, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 0, 56 0, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 0, 49 1, 47 1, 45 1, 41 1, 37 0, 33 1, 29 0, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 0, 2 0
103	1 1, 3 0, 5 0, 7 0, 59 1, 9 1, 11 1, 16 1, 20 0, 24 1, 28 1, 32 0, 36 1, 40 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 0, 51 0, 49 0, 47 1, 45 1, 41 1, 37 1, 33 0, 29 1, 25 1, 21 0, 17 1, 12 0, 10 0, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 0
104	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 0, 16 1, 20 1, 24 0, 28 1, 32 1, 36 1, 40 1, 46 1, 48 0, 50 0, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 1, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 45 0, 41 0, 37 1, 33 1, 29 0, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
105	1 1, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 1, 16 0, 20 1, 24 1, 28 0, 32 0, 36 0, 40 0, 46 0, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 0, 37 1, 33 0, 29 0, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 0, 2 0
106	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 0, 32 1, 36 1, 40 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 1, 49 0, 47 0, 45 0, 41 0, 37 1, 33 0, 29 0, 25 1, 21 0, 17 0, 12 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
107	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 0, 16 1, 20 0, 24 0, 28 0, 32 0, 36 1, 40 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 1, 37 0, 33 1, 29 0, 25 1, 21 1, 17 0, 12 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
108	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 11 0, 16 0, 20 0, 24 0, 28 1, 32 0, 36 0, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 0, 49 1, 47 0, 45 0, 41 1, 37 1, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 1, 12 0, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
109	1 0, 3 0, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 11 1, 16 1, 20 0, 24 1, 28 1, 32 0, 36 1, 40 0, 46 0, 48 1, 50 0, 52 1, 54 0, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 45 0, 41 0, 37 0, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 0, 12 1, 10 1, 60 0, 8 0, 6 0, 4 1, 2 0
110	1 1, 3 0, 5 1, 7 0, 59 0, 9 0, 11 0, 16 1, 20 1, 24 1, 28 0, 32 1, 36 0, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 0, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 45 1, 41 1, 37 0, 33 0, 29 1, 25 1, 21 0, 17 1, 12 0, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 1, 2 0
111	1 0, 3 0, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 11 0, 16 1, 20 0, 24 1, 28 1, 32 1, 36 0, 40 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 0, 47 0, 45 1, 41 1, 37 0, 33 1, 29 0, 25 0, 21 0, 17 1, 12 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
112	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 11 1, 16 1, 20 0, 24 1, 28 0, 32 1, 36 1, 40 1, 46 0, 48 0, 50 0, 52 1, 54 0, 56 0, 58 0, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 45 1, 41 1, 37 1, 33 0, 29 0, 25 0, 21 1, 17 1, 12 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
113	1 0, 3 1, 5 1, 7 0, 59 0, 9 1, 11 0, 16 0, 20 1, 24 1, 28 1, 32 0, 36 1, 40 1, 46 0, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 1, 58 0, 57 0, 55 0, 53 1, 51 1, 49 0, 47 0, 45 1, 41 0, 37 0, 33 1, 29 1, 25 1, 21 0, 17 1, 12 1, 10 0, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 1
114	1 0, 3 0, 5 0, 7 0, 59 0, 9 0, 11 1, 16 0, 20 1, 24 0, 28 1, 32 0, 36 0, 40 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 0, 53 0, 51 0, 49 0, 47 0, 45 0, 41 1, 37 0, 33 1, 29 1, 25 1, 21 0, 17 0, 12 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1
115	1 0, 3 0, 5 1, 7 0, 59 1, 9 0, 11 1, 16 1, 20 1, 24 1, 28 0, 32 1, 36 0, 40 1, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 0, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 0, 51 1, 49 0, 47 1, 45 0, 41 1, 37 1, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 0, 12 1, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 0, 2 1
116	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 11 0, 16 0, 20 0, 24 1, 28 1, 32 0, 36 0, 40 1, 46 1, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 1, 58 0, 57 1, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 45 0, 41 0, 37 0, 33 0, 29 0, 25 1, 21 0, 17 0, 12 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
117	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 1, 11 0, 16 1, 20 1, 24 0, 28 0, 32 0, 36 0, 40 1, 46 0, 48 1, 50 0, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 45 1, 41 0, 37 1, 33 1, 29 0, 25 0, 21 0, 17 0, 12 1, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
118	1 1, 3 1, 5 0, 7 1, 59 1, 9 0, 11 1, 16 0, 20 1, 24 1, 28 0, 32 0, 36 0, 40 1, 46 0, 48 0, 50 1, 52 1, 54 1, 56 0, 58 1, 57 0, 55 1, 53 1, 51 0, 49 1, 47 1, 45 0, 41 1, 37 0, 33 1, 29 1, 25 0, 21 0, 17 0, 12 1, 10 0, 60 0, 8 1, 6 1, 4 1, 2 0
119	1 0, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 0, 11 1, 16 1, 20 0, 24 0, 28 1, 32 0, 36 1, 40 0, 46 0, 48 0, 50 0, 52 1, 54 0, 56 1, 58 1, 57 1, 55 0, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 45 0, 41 1, 37 1, 33 0, 29 0, 25 1, 21 0, 17 1, 12 0, 10 0, 60 0, 8 0, 6 1, 4 0, 2 1
120	1 0, 3 1, 5 0, 7 1, 59 0, 9 1, 11 0, 16 1, 20 0, 24 1, 28 0, 32 1, 36 0, 40 0, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 0, 56 0, 58 1, 57 1, 55 0, 53 1, 51 0, 49 1, 47 0, 45 1, 41 0, 37 1, 33 0, 29 1, 25 0, 21 1, 17 0, 12 0, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 0, 2 0
121	1 0, 3 1, 5 0, 7 0, 59 1, 9 0, 11 0, 16 1, 20 1, 24 0, 28 0, 32 1, 36 1, 40 0, 46 0, 48 1, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 0, 53 1, 51 0, 49 0, 47 1, 45 0, 41 0, 37 1, 33 1, 29 1, 25 0, 21 1, 17 1, 12 0, 10 0, 60 1, 8 0, 6 0, 4 1, 2 1
122	1 1, 3 0, 5 1, 7 1, 59 0, 9 0, 11 0, 16 0, 20 0, 24 1, 28 1, 32 1, 36 1, 40 0, 46 1, 48 0, 50 1, 52 0, 54 1, 56 1, 58 1, 57 0, 55 1, 53 0, 51 1, 49 1, 47 0, 45 0, 41 0, 37 0, 33 0, 29 1, 25 1, 21 1, 17 1, 12 0, 10 1, 60 0, 8 1, 6 0, 4 1, 2 1
123	1 1, 3 1, 5 1, 7 0, 59 1, 9 1, 11 1, 16 0, 20 0, 24 0, 28 0, 32 1, 36 0, 40 0, 46 1, 48 1, 50 0, 52 1, 54 1, 56 1, 58 0, 57 0, 55 1, 53 1, 51 1, 49 0, 47 1, 45 1, 41 1, 37 0, 33 0, 29 0, 25 0, 21 1, 17 0, 12 0, 10 1, 60 1, 8 0, 6 1, 4 1, 2 1



124	1 1, 3 1, 5 1, 7 1, 59 1, 9 1, 11 1, 16 1, 20 1, 24 1, 28 1, 32 1, 36 1, 40 1, 46 1, 48 1, 50 1, 52 1, 54 1, 56 1, 58 1, 57 1, 55 1, 53 1, 51 1, 49 1, 47 1, 45 1, 41 1, 37 1, 33 1, 29 1, 25 1, 21 1, 17 1, 12 1, 10 1, 60 1, 8 1, 6 1, 4 1, 2 1
-----	--

Las rutas encontradas se insertaron en la base de datos de rutas mediante un script SQL para que posteriormente pudieran ser consultadas tanto por MOGBHS como por el algoritmo implementado para su comparación (NSGA-II).

ANEXO 3. Prototipo software

Teniendo en cuenta la experiencia del grupo de investigación para trabajar en tecnologías .NET de Microsoft, la interoperabilidad ofrecida por SIMAN (el lenguaje de simulación en el cual queda el código fuente del modelo de simulación), y las capacidades de interoperación de C#, se seleccionó dicho lenguaje para implementar el prototipo software. Además dado que la ejecución del algoritmo requiere manejo de ficheros y bases de datos, se decidió que el prototipo fuese una aplicación de tipo WindowsForms (Formularios de Windows).

En este anexo se presentan los artefactos de diseño creados para la implementación del prototipo software y se describe el funcionamiento del mismo.

3.1 Diagrama de casos de uso y casos de uso de alto nivel

Para el prototipo software se definió el siguiente diagrama de casos de uso:

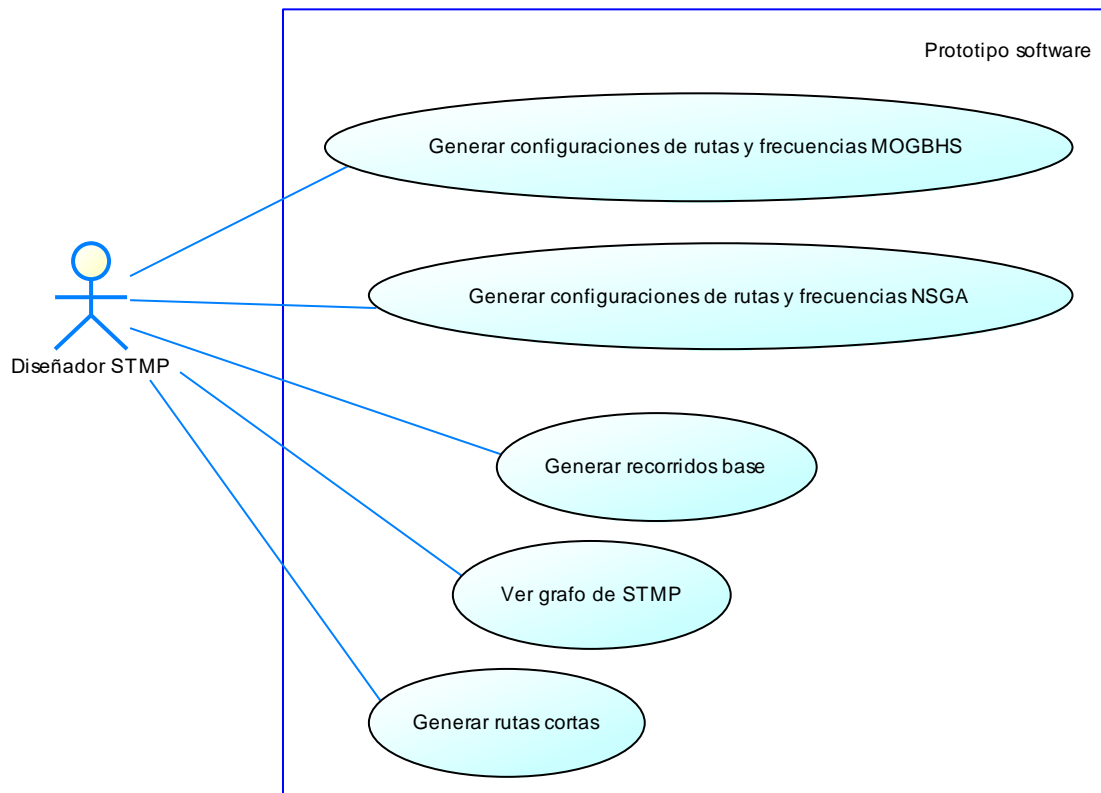


Figura 45 Diagrama de casos de uso del prototipo software

A continuación se presentan los casos de uso de alto nivel:

Caso de uso: Generar configuraciones de rutas y frecuencias MOGBHS	
Actores:	Diseñador STMP
Tipo:	Primario
Descripción:	El diseñador de STMP configura y ejecuta el algoritmo MOGBHS para la



	búsqueda de las mejores configuraciones de rutas y frecuencias de salida de buses. Al final del proceso el sistema presentará información de configuración de rutas, y frecuencias para cada una de ellas.
--	--

Caso de uso: Generar configuraciones de rutas y frecuencias NSGA	
Actores:	Diseñador STMP
Tipo:	Primario
Descripción:	El diseñador de STMP configura y ejecuta el algoritmo NSGA-II para la búsqueda de las mejores configuraciones de rutas y frecuencias de salida de buses. Al final del proceso el sistema presentará información de configuración de rutas, y frecuencias para cada una de ellas..

Caso de uso: Generar recorridos base	
Actores:	Diseñador STMP
Tipo:	Primario
Descripción:	El diseñador provee los archivos de código fuente SIMAN correspondientes al modelo de simulación del STMP evaluado y ejecuta la generación de recorridos base. El sistema presenta un listado de recorridos base sobre dicho STMP.

Caso de uso: Ver grafo de STMP	
Actores:	Diseñador STMP
Tipo:	Primario
Descripción:	El diseñador provee los archivos de código fuente SIMAN correspondientes al modelo de simulación del STMP evaluado y selecciona la generación del grafo. El sistema presenta un grafo que representa la topografía del STMP.

Caso de uso: Generar rutas cortas	
Actores:	Diseñador STMP
Tipo:	Primario
Descripción:	El diseñador provee los archivos de código fuente SIMAN correspondientes al modelo de simulación del STMP evaluado provistos de una configuración de rutas y selecciona la generación de rutas cortas. El sistema genera una matriz de configuración de rutas cortas que puede ser insertada directamente en el modelo de simulación.

3.2 Diagrama de componentes

Para el funcionamiento del prototipo software y teniendo en cuenta el diseño de MOGBHS se utilizaron 3 componentes externos a saber:

- Archivos fuente SIMAN del modelo de simulación del STMP: estos archivos son el resultado del proceso de implementación del modelo de simulación del sistema de transporte masivo de pasajeros seleccionado para el estudio, en el caso particular de este trabajo de investigación Megabús de Pereira, Colombia.
- Motor SIMAN: encargado de ejecutar las simulaciones definidas en los archivos fuente en código SIMAN.
- Base de datos rutas: esta base de datos permite almacenar las rutas viables a aplicar al STMP y facilita el acceso por parte del prototipo software para su manipulación. La base de datos se implementó sobre SQLServer 2008. En la Figura 47 se presenta el modelo relacional correspondiente a la base de datos, el cual cuenta con una única tabla para el almacenamiento de las rutas.

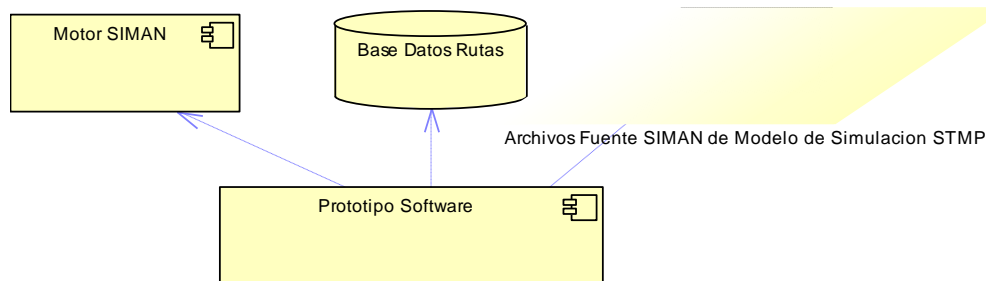


Figura 46 Diagrama de componentes prototipo software

Route			
	Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir valores NULL
🔑	routeId	bigint	<input type="checkbox"/>
	isEasy	bit	<input checked="" type="checkbox"/>
	isActive	bit	<input checked="" type="checkbox"/>
	fullText	ntext	<input checked="" type="checkbox"/>
	totalTime	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	totalStationsCount	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	stopStationsCount	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	sequencialId	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	trimRoute	ntext	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 47 Diagrama relacional de base de datos rutas

3.3 Diagrama de paquetes

La aplicación se construyó bajo una arquitectura de tres capas: Interfaz que contiene todos los componentes que interactúan con el usuario, Lógica de Negocio en la cual se encuentra la lógica de la aplicación (incluyendo algoritmos) y Persistencia que se encarga de la interacción con la base de datos.

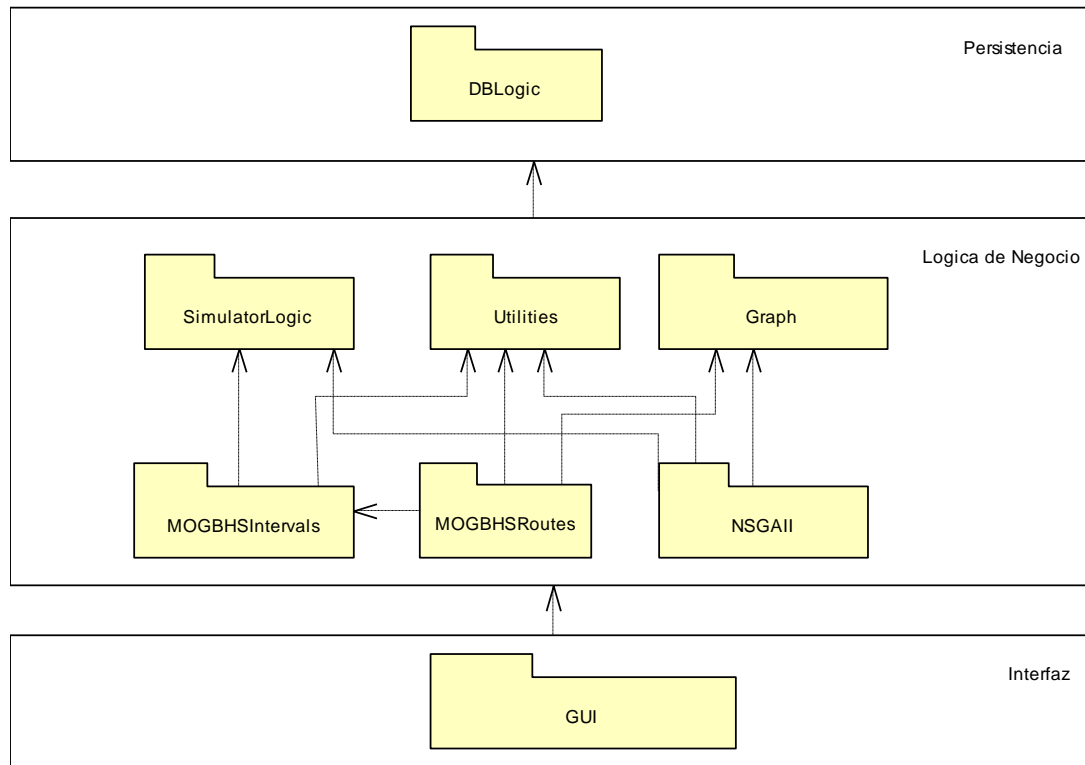


Figura 48 Diagrama de paquetes del prototipo software

3.4 Diagramas de clases

En esta sección se presentan los diferentes diagramas de clases de cada uno de los paquetes que componen el prototipo software

3.4.1 Diagrama de clases: paquete DBLogic

Este paquete contiene una única clase llamada *DataBaseLogic* que se encarga de gestionar el acceso a la base de datos de rutas.

DataBaseLogic	
-	_oConnection : SqlConnection
+ <<Property>>	oConection : SqlConnection
+ <<Setter>>	set_oConection (SqlConnection value) : void
+ <<Getter>>	get_oConection () : SqlConnection
-	Connect () : void
-	Disconnect () : void
+	ExecuteNonQuery (string sSQL) : void
+	ExecuteDataTable (string sSQL) : DataTable
+	ExecuteScalar (string sSQL) : object

Figura 49 Diagrama de clases paquete DBLogic

3.4.2 Diagrama de clases: paquete SimulatorLogic

Este paquete contiene una única clase llamada *SimulatorLogic* que se encarga de facilitar la interacción con el motor SIMAN, es utilizada para configurar y disparar la ejecución de la

simulación una vez los algoritmos hayan realizado su trabajo de generar las rutas e intervalos, y se hayan modificado los archivos de código fuente SIMAN con dicha información.

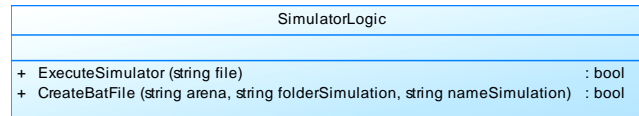


Figura 50 Diagrama de clases paquete SimulatorLogic

3.4.3 Diagrama de clases: paquete Utilities

Este paquete contiene una única clase llamada *RandomGenerator* que se encarga de centralizar el proceso de generación de números aleatorios.

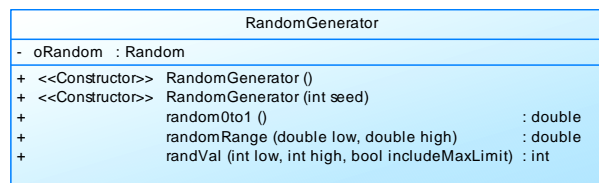


Figura 51 Diagrama de clases paquete Utilities

3.4.4 Diagrama de clases: paquete Graph

Este paquete contiene clases que facilitan el trabajo de generación de rutas cortas, revisión de viabilidad de las soluciones generadas por los algoritmos, búsqueda de los posibles recorridos en el STMP, entre otras funciones.

Contiene los siguientes enumeradores:

- *ElementType*: define los diferentes tipos de elementos que pueden encontrarse en un grafo de STMP
- *StationInRouteEnum*: define la acción que realiza un bus cuando llega a la estación que cumple una determinada ruta.

Contiene las siguientes clases:

- *SimanElement*: representa un elemento incluido en el modelo de simulación, se utiliza para realizar el proceso de abstracción del grafico de estaciones, recorridos y cruces, a partir de archivos fuente SIMAN.
- *DijkstraPath*: clase que almacena la información de evaluación de un nodo durante la ejecución del algoritmo de Dijkstra en el proceso de búsqueda de rutas cortas.
- *Station*: representa un sub-modelo de tipo “Estacion de buses” incluido en el modelo de simulación.
- *CentralBus*: representa un sub-modelo de tipo “Central de buses” incluido en el modelo de simulación.
- *CrossOption*: representa un sub-modelo de tipo “Cruce de buses” incluido en el modelo de simulación

- ElementsPath: representa un recorrido sobre el sistema desde una estación inicio hasta una estación fin haciendo uso de una ruta determinada.
- PairOfStations: representa la unión de dos estaciones sin intercambio para formar una estación con intercambio.
- RouteExplorer: permite la generación de los posibles recorridos sobre un STMP, y la generación de todas las posibles rutas de un recorrido haciendo uso de un algoritmo de fuerza bruta (obsoleto en la versión final del prototipo).
- RoadGraph: permite la generación de un grafo a partir de los archivos de código fuente SIMAN, y la generación de la matriz de rutas cortas teniendo en cuenta dicho grafo más la información de rutas e intervalos de las soluciones generadas por MOGBHS o NSGA-II.

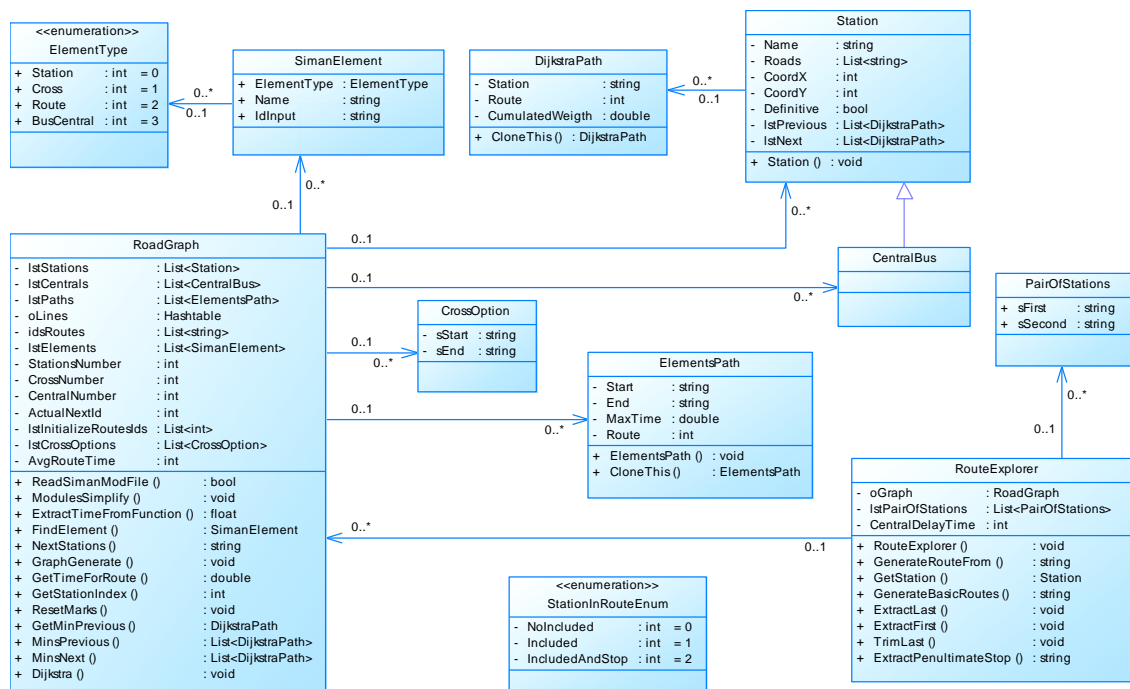


Figura 52 Diagrama de clases paquete Graph

3.4.5 Diagrama de clases: paquete MOGBHSIntervals

Este paquete contiene las clases encargadas de la lógica de generación de intervalos para un STMP con rutas previamente definidas haciendo uso del algoritmo MOGBHS. Las clases que lo componen son:

- PositionValue: clase utilitaria para el ordenamiento por frentes de Pareto y distancia de dispersión, permite el almacenamiento de información durante el proceso de ordenamiento.
- IntervalsSolution: representa una solución a la búsqueda de frecuencias de salida de buses para un STMP con rutas previamente definidas. Contiene funciones que permiten: evaluar el rendimiento de dichas soluciones mediante la ejecución de la simulación, la comparación entre soluciones, la modificación de los archivos SIMAN para incluir la información de rutas, entre otras acciones.



- MOGBHSIntervals: contiene las funciones y procedimientos para realizar la búsqueda de las mejores frecuencias de salida de buses para un STMP con rutas previamente definidas haciendo uso de la lógica de MOGBHS.

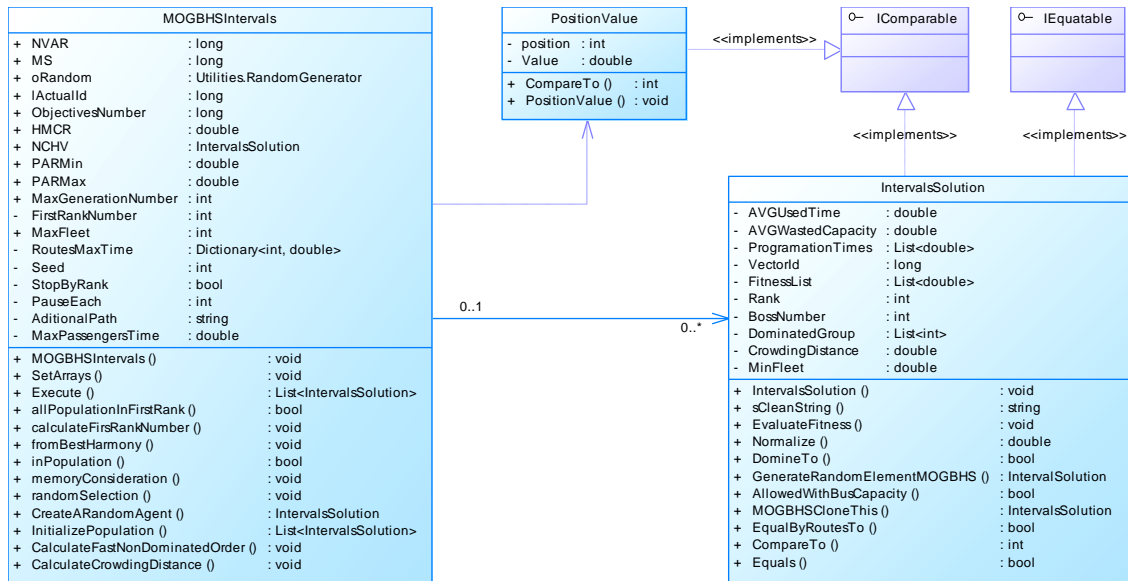


Figura 53 Diagrama de clases paquete MOGBHSIntervals

3.4.6 Diagrama de clases: paquete MOGBHSRoutes

Este paquete contiene las clases encargadas de la lógica de generación de configuraciones de rutas para un STMP haciendo uso del algoritmo MOGBHS. Dado que una solución se compone de configuración de rutas y frecuencias de salida de rutas, estas clases hacen uso del paquete MOGBHSIntervals para buscar dichas frecuencias, completar la solución y evaluar el rendimiento de las mismas. Las clases que lo componen son:

- SolutionStation: representa una estación incluida en alguna de las rutas seleccionadas en una solución generada por MOGBHS.
- RouteDescription: representa una ruta seleccionada como parte de alguna solución generada por MOGBHS.
- RoutesSolution: representa una solución a la búsqueda de configuración de rutas para un STMP. Contiene un conjunto de rutas seleccionadas, permite modificar los archivos SIMAN para incluir la descripción de dichas rutas e invoca a las clases del paquete MOGBHSIntervals para realizar la generación de frecuencias de salida de buses.
- MOGBHSRoutes: contiene las funciones y procedimientos para realizar la búsqueda de las mejores configuraciones de rutas para un STMP haciendo uso de la lógica de MOGBHS.

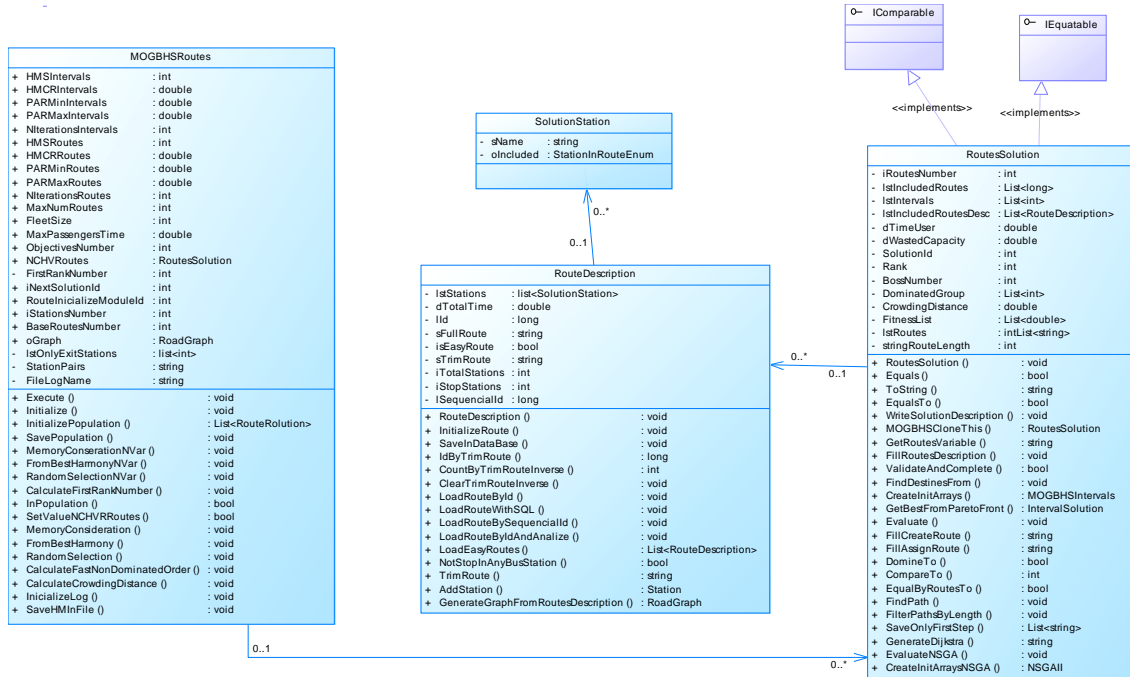


Figura 54 Diagrama de clases paquete MOGBHSRoutes

3.4.7 Diagrama de clases: paquete NSGA-II

Este paquete contiene las clases encargadas de los procesos de generación de rutas e intervalos de salida de buses para un STMP pero haciendo uso del algoritmo NSGA-II, estas clases se implementaron con el fin de tener un punto de referencia para comparar el rendimiento del algoritmo propuesto. Las clases que componen este paquete son:

- NSGAI: cumple con las mismas funciones de la clase MOGBSIntervals solamente que aplica la lógica de NSGA-II para la generación de frecuencias de salida de buses en lugar de MOGBHS.
- NSGAIIRoutes: cumple las mismas funciones de la clase MOGBHSRoutes con la única diferencia que aplica la lógica de NSGA-II para la generación de configuraciones de rutas en lugar de MOGBHS.

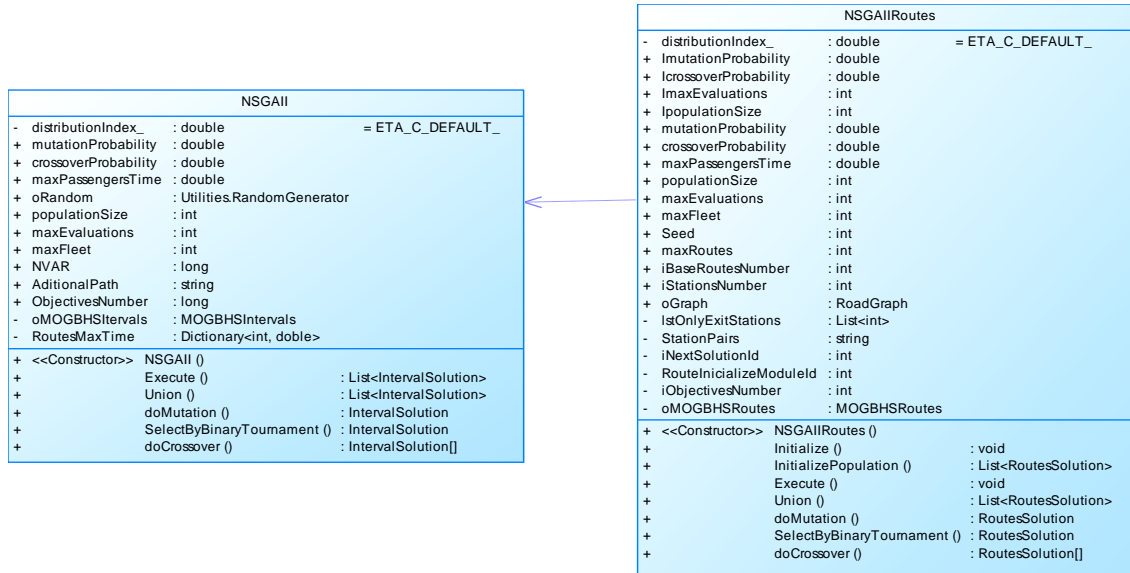


Figura 55 Diagrama de clases paquete NSGA-II

3.4.8 Diagrama de clases: paquete GUID

Este paquete incluye las clases de los componentes que constituyen la interfaz gráfica de cara al usuario del prototipo.

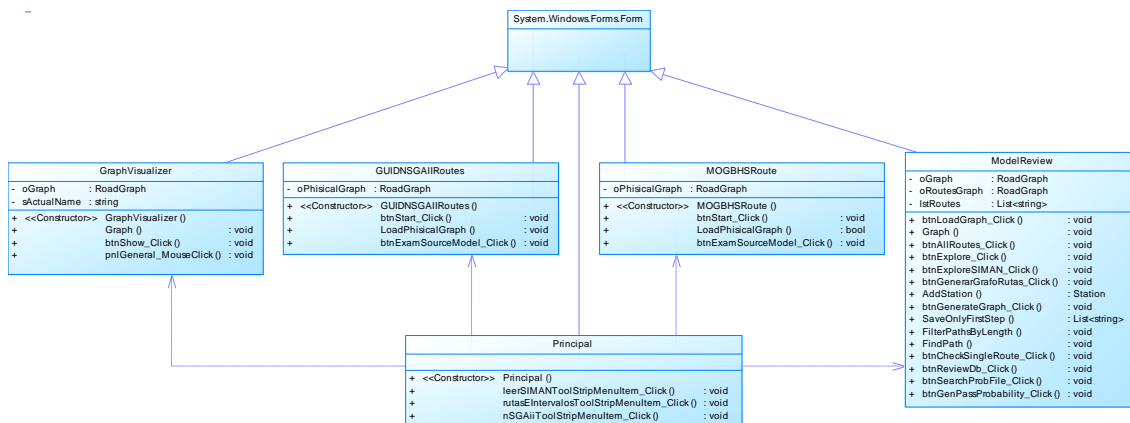


Figura 56 Diagrama de clases paquete GUID

3.5 Interfaz gráfica del prototipo software

En esta sección se presentan capturas de pantalla del prototipo software con una breve descripción de la funcionalidad provista.

- **Inicio:** tiene un menú con tres opciones: para acceder a la generación de rutas e intervalos mediante MOGBHS, para acceder a la generación de rutas e intervalos mediante NSGA-II y una tercera opción para utilidades. En la siguiente imagen se presenta una captura de pantalla de la interfaz de inicio.

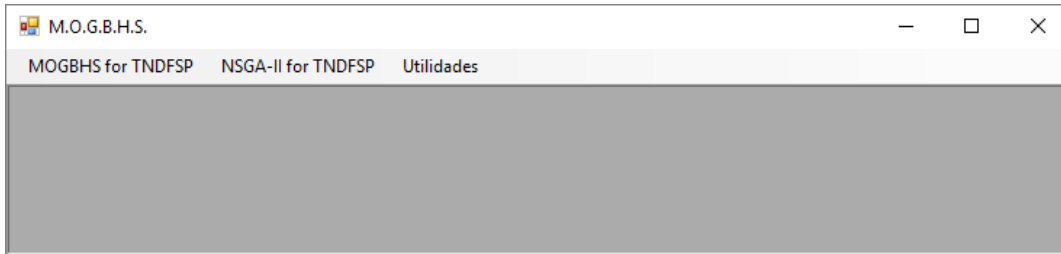


Figura 57 Captura de pantalla interfaz principal de prototipo

- **MOGBHS for TNFSP:** esta opción permite la configuración de los parámetros e información necesaria para la ejecución de MOGBHS para TNDFSP y su ejecución. A continuación se presenta una captura de pantalla de la misma.

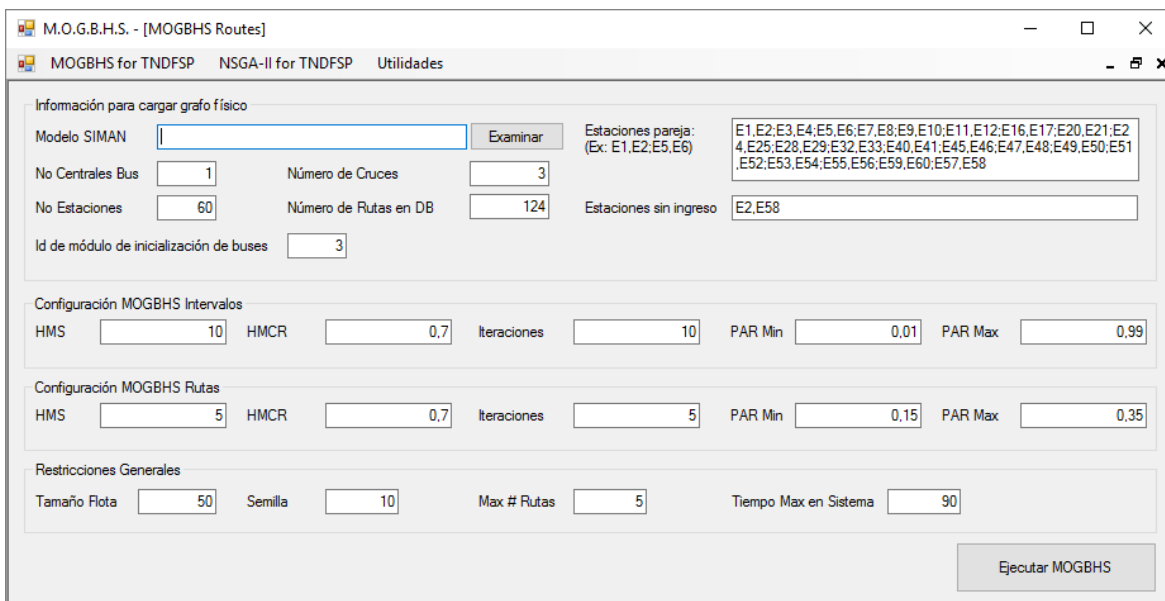


Figura 58 Captura de pantalla de opción “MOGBHS for TNDFSP”

- **NSGA-II for TNFSP:** esta opción permite la configuración de los parámetros e información necesaria para la ejecución de NSGA-II para TNDFSP y su ejecución. A continuación se presenta una captura de pantalla de la misma.

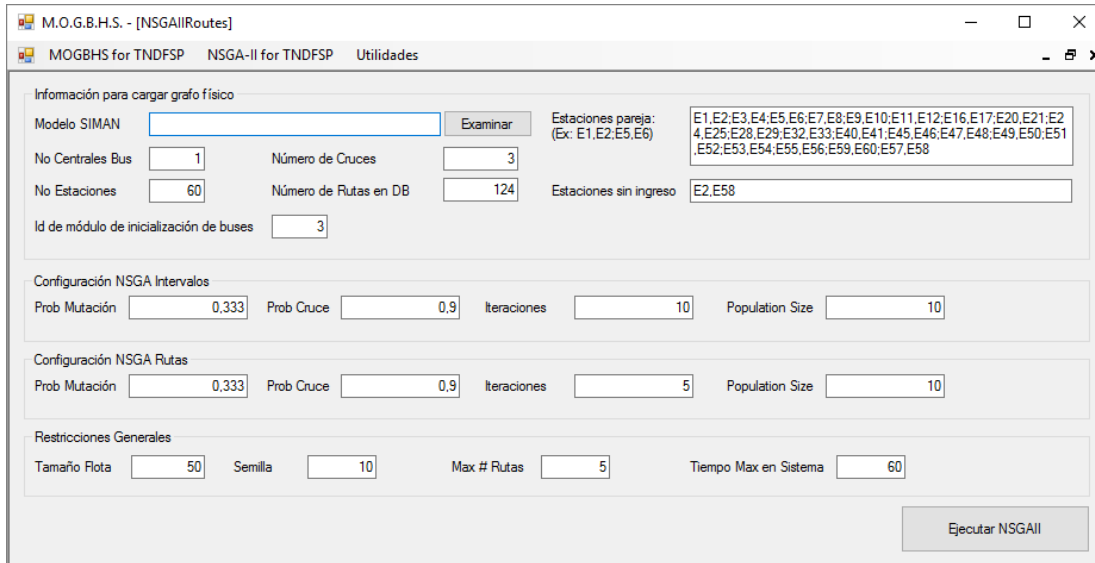


Figura 59 Captura de pantalla de opción “NSGA-II for TDFSP”

- **Utilidades:** esta opción permite la generación de recorridos base, la visualización del grafo de estaciones y recorridos, y la generación de rutas cortas para un STMP basado en los archivos de código SIMAN de su correspondiente simulación. A continuación se presenta una captura de pantalla de la misma.

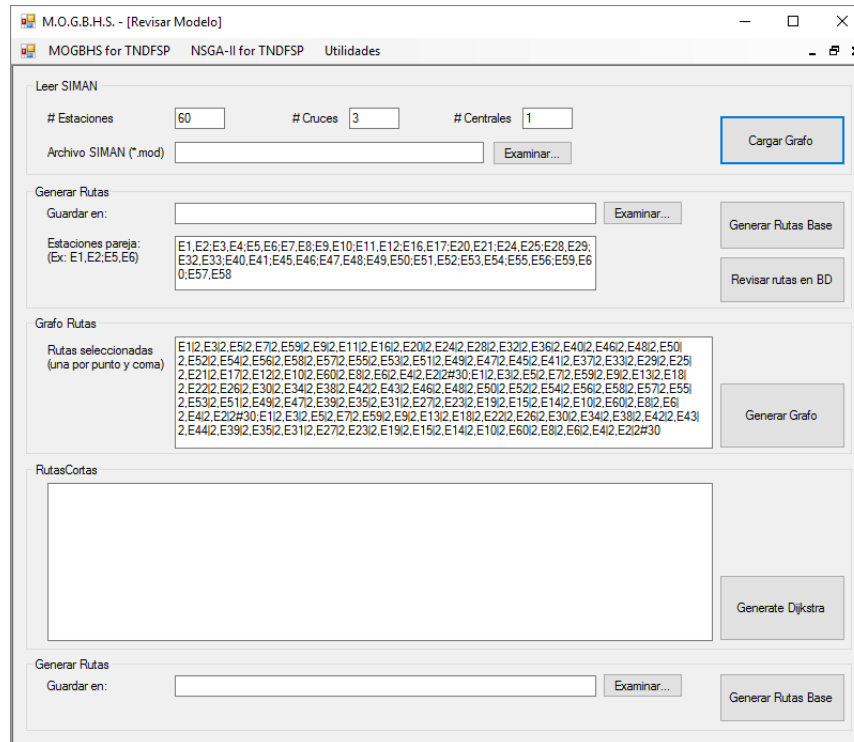


Figura 60 Captura de pantalla opción “Utilidades”



3.6 Archivos de entrada

El prototipo software requiere los siguientes archivos para su ejecución:

- Transporte.mod: archivo de código SIMAN que define los modulos utilizados en la simulación y la interacción entre los mismos. Este archivo es el resultado del proceso de modelado, generación de código SIMAN y ajuste de archivos definido en el numeral 4.2 de la monografía
- Transporte.exp: archivo de código SIMAN que define los atributos, variables y demás elementos de configuración de la simulación. Este archivo es el resultado del proceso de modelado, generación de código SIMAN y ajuste de archivos definido en el numeral 4.2 de la monografía
- Transporte.bat: archivo con los comandos necesarios para la ejecución de una simulación mediante el motor SIMAN.

Observación: ejemplos de los archivos mencionados se encuentran en las siguientes rutas de la carpeta del proyecto de investigación

- CodigoSIMAN\Transoporte.mod
- CodigoSIMAN\Transoporte.exp
- CodigoSIMAN\Transoporte.bat

3.7 Archivos de salida

El prototipo software fue diseñado para generar archivos de salida de tipo *.csv separados por tabulaciones en los cuales se incluyen las diferentes memorias armónicas (HM)/poblaciones que se generan a lo largo de la ejecución de los algoritmos, siendo la última memoria armónica/población registrada en el archivo la que contiene el resultado de las configuraciones de rutas y frecuencias seleccionadas como solución.

Por cada memoria armónica/población se registran los siguientes datos:

- VectorId: número único consecutivo asignado a las soluciones generadas para facilitar el seguimiento del comportamiento del algoritmo. Permite identificar el número de generación en la cual se creó dicha solución
- AVGUsedTime: promedio de tiempo total de uso del sistema para la cada configuración de rutas y frecuencias
- AVGFreeCapacity: promedio de capacidad desperdiciada en la flota para cada configuración de rutas y frecuencias
- Rank: número de frente de Pareto en la cual fue clasificada la solución teniendo en cuenta los valores de AVGUsedTime y AVGFreeCapacity
- CrowdingDistance: distancia de dispersión asignada a la solución respecto a las soluciones que confirman el mismo frente de Pareto teniendo en cuenta los valores de AVGUsedTime y AVGFreeCapacity

- SelectedRoutes: identificadores de las rutas seleccionadas para conformar la solución
- SelectedFrecuencias: frecuencias de salida seleccionadas(en minutos) correspondientes a cada una de las rutas indicadas en SelectedRoutes

En la siguiente imagen se presenta una parte de un archivo de salida del prototipo software con la soluciones generadas por MOGBHS en una de las ejecuciones de prueba.

```
1 MOGBHS Rutas
2 VectorId AVGUsedTime AVGFreesCapacity Rank CrowdingDistance sRouteReports...
3
4 Generacion numero: -1 08/05/2016 0:33:58
5 5 0,162491525423729 0,11844 0 1,79769313486232E+308 123 95 89 24 105 23 17 10 29 23 5 3
6 8 0,196830508474576 0,13637 1 1,79769313486232E+308 64 2 4 102 58 98 23 10 19 20 7 23 12 3
7 3 0,30735593220339 0,11978 1 1,79769313486232E+308 117 87 63 9 39 123 23 28 9 16 9 28 5 10
8 2 0,206576271186441 0,12508 1 0,127115423728814 85 78 61 23 123 28 8 12 5 5
9 1 0,20993220338983 0,12687 2 1,79769313486232E+308 32 56 89 23 98 7 13 29 9 3
10 4 0,252762711864407 0,16633 3 1,79769313486232E+308 48 61 123 23 15 15 7 2
11 0 0,338254237288136 0,14526 3 1,79769313486232E+308 9 90 123 23 8 3 5 25
12 6 0,3122813559322 0,15984 3 0,0810120338983051 36 71 16 95 123 23 12 26 4 18 5 6
13 9 0,316084745762712 0,14864 3 0,0405461016949153 19 79 123 23 27 18 22 2
14 7 0,425186440677966 0,17841 4 1,79769313486232E+308 111 22 48 123 23 27 4 4 11 7
15
16 Generacion numero: 0 08/05/2016 0:51:10
17 5 0,162491525423729 0,11844 0 1,79769313486232E+308 123 95 89 24 105 23 17 10 29 23 5 3
18 8 0,196830508474576 0,13637 1 1,79769313486232E+308 64 2 4 102 58 98 23 10 19 20 7 23 12 3
19 3 0,30735593220339 0,11978 1 1,79769313486232E+308 117 87 63 9 39 123 23 28 9 16 9 28 5 10
20 2 0,206576271186441 0,12508 1 0,127115423728814 85 78 61 23 123 28 8 12 5 5
21 1 0,20993220338983 0,12687 2 1,79769313486232E+308 32 56 89 23 98 7 13 29 9 3
22 4 0,252762711864407 0,16633 3 1,79769313486232E+308 48 61 123 23 15 15 7 2
23 0 0,338254237288136 0,14526 3 1,79769313486232E+308 9 90 123 23 8 3 5 25
24 6 0,3122813559322 0,15984 3 0,0810120338983051 36 71 16 95 123 23 12 26 4 18 5 6
25 9 0,316084745762712 0,14864 3 0,0405461016949153 19 79 123 23 27 18 22 2
26 10 0,404779661016949 0,15933 4 1,79769313486232E+308 73 23 98 23 28 2
27
```

Figura 61 Ejemplo de archivo de salida de prototipo software



ANEXO 4. Calibración de parámetros MOGBHS

Para determinar los parámetros que deberían ser utilizados en las ejecuciones de prueba de MOGBHS para la búsqueda de las mejores configuraciones de rutas y frecuencias para Megabús, minimizando tiempos de uso y capacidad desperdiciada de flota, se realizaron unas ejecuciones preliminares con distintos valores para los diferentes parámetros del algoritmo.

Teniendo en cuenta las restricciones de la flota, recomendaciones de expertos y consideraciones de tiempo de ejecución se definieron como estáticos los siguientes parámetros:

- PARmin: 0,01
- Improvisos: 100
- Tiempo máximo de un usuario en el sistema: 90
- Tamaño de flota disponible: 50
- Máximo sugerido de rutas: 5

En la siguiente tabla se presenta el conjunto de pruebas definido para afinar los parámetros restantes.

Tabla 10 Conjunto de pruebas para la afinación de los parámetros de MOGBHS

No Prueba	HMS	HMCR	PARmax
1	10	0,7	0,3
2	10	0,7	0,35
3	10	0,7	0,4
4	10	0,8	0,3
5	10	0,8	0,35
6	10	0,8	0,4
7	10	0,9	0,3
8	10	0,9	0,35
9	10	0,9	0,4
10	15	0,7	0,3
11	15	0,7	0,35
12	15	0,7	0,4
13	15	0,8	0,3
14	15	0,8	0,35
15	15	0,8	0,4
16	15	0,9	0,3
17	15	0,9	0,35
18	15	0,9	0,4
19	20	0,7	0,3



20	20	0,7	0,35
21	20	0,7	0,4
22	20	0,8	0,3
23	20	0,8	0,35
24	20	0,8	0,4
25	20	0,9	0,3
26	20	0,9	0,35
27	20	0,9	0,4

Una vez realizadas todas las ejecuciones definidas, se unieron las memorias armónicas resultado y para cada una de las soluciones se agregó una columna que identificaba el número de prueba en la cual se había obtenido. Se creó un utilitario para ordenar ese gran conjunto de soluciones por frentes de Pareto y distancia de dispersión. Una vez ordenado ese conjunto de soluciones se seleccionaron los tres primeros frentes de Pareto y se contó el número de soluciones aportadas a dichos frentes por cada una de las configuraciones de prueba. De las treinta y cuatro (34) armonías que conformaron los tres (3) primeros frentes de Pareto, cinco (5) fueron generadas por la configuración de prueba numero dos (2), siendo la configuración que más elementos apporto a dichos frentes.

La siguiente tabla presenta las soluciones que conformaron los tres (3) primeros frentes de Pareto del conjunto de todas las soluciones generadas por las diferentes ejecuciones de prueba.

Tabla 11 Mejores soluciones generadas en pruebas para calibración de parámetros MOGBHS

No Prueba	AVGUsedTime	AVGFreeCapacity	Rank	Crowding Distance
9	1,27E-01	0,03625	0	1,79769313486232E+308
2	0,12310848	0,05419	0	0,05094576
22	0,10965085	0,06945	0	0,04487407
1	9,63E-02	0,10503	0	1,79769313486232E+308
21	0,10296441	0,07892	0	0,04889186
9	0,16872881	0,0484	1	0,10504661
6	0,14645932	0,06419	1	0,01087966
2	0,11584407	0,07715	1	0,01841051
9	0,26179661	0,04797	1	0,13572915
22	0,11689153	0,07558	1	0,02749119
21	2,99E-01	0,04262	1	1,79769313486232E+308
25	0,14926949	0,06125	1	0,01886186
5	0,163	0,05422	1	0,01919763
1	1,04E-01	0,08066	1	1,79769313486232E+308
26	0,13341525	0,06723	1	0,03582831
12	0,16227119	0,06114	1	0,02076051
18	0,14268983	0,06555	1	0,01608407



5	0,1076661	0,09182	2	0,02506085
6	0,15123051	0,06342	2	0,0211222
21	0,13332203	0,07857	2	0,01397593
22	0,1362017	0,07534	2	0,00981627
17	0,1729661	0,05032	2	0,08661593
18	0,12782203	0,08571	2	0,01310051
25	2,41E-01	0,0493	2	1,79769313486232E+308
14	1,05E-01	0,12078	2	1,79769313486232E+308
19	0,10679322	0,10502	2	0,03151593
8	0,16745763	0,06256	2	0,02846712
7	0,16745763	0,06256	2	0,00636848
11	0,12121525	0,08743	2	0,01527797
15	0,13699831	0,07243	2	0,01499034
22	0,14472203	0,06887	2	0,01920712
2	0,14992542	0,06615	2	0,01195847
2	0,11564407	0,08881	2	0,01793915
2	0,13234576	0,08546	2	0,01264

Por lo anterior la configuración seleccionada para las pruebas de MOGBHS es:

- PARmin: 0,01
- Improvisos: 100
- Tiempo máximo de un usuario en el sistema: 90
- Tamaño de flota disponible: 50
- Máximo sugerido de rutas: 5
- HMS: 10
- HMCR : 0,7
- PARmax: 0,35



ANEXO 5. Calibración de parámetros NSGA-II

Para NSGA-II se realizó un proceso similar al realizado para afinar los parámetros de MOGBHS con el fin de determinar los valores para los parámetros que deberían ser utilizados en las ejecuciones de la búsqueda de las mejores configuraciones de rutas y frecuencias para Megabús minimizando tiempos de uso y capacidad desperdiciada de flota.

Teniendo en cuenta las restricciones de la flota, recomendaciones de expertos y consideraciones de tiempo de ejecución se definieron como estáticos los siguientes parámetros:

- Probabilidad de mutación: 0,333
- Iteraciones: 50
- Tiempo máximo de un usuario en el sistema: 90
- Tamaño de flota disponible: 50
- Máximo sugerido de rutas: 5

En la siguiente tabla se presenta el conjunto de pruebas definido para calibrar los parámetros restantes.

Tabla 12 Conjunto de pruebas para calibración de parámetros NSGA-II

No Prueba	Probabilidad de Cruce	Tamaño de población
1	0,7	10
2	0,7	20
3	0,7	30
4	0,8	10
5	0,8	20
6	0,8	30
7	0,9	10
8	0,9	20
9	0,9	30

Una vez realizadas todas las ejecuciones definidas, se unieron las memorias soluciones resultado y para cada una de ellas se agregó una columna que identificaba el número de prueba en la cual se había obtenido. Se creó un utilitario para ordenar ese gran conjunto de soluciones por frentes de Pareto y distancia de dispersión. Una vez ordenado ese conjunto de soluciones se seleccionaron los tres primeros frentes de Pareto y se contó el número de soluciones aportadas a dichos frentes por cada una de las configuraciones de prueba. De las diez y seis (16) soluciones que conformaron los tres (3) primeros frentes de Pareto, cuatro (4) fueron generadas por la configuración de prueba número uno (1), siendo la configuración que más elementos apporto a dichos frentes.



La siguiente tabla presenta las soluciones que conformaron los tres (3) primeros frentes de Pareto del conjunto de todas las soluciones generadas por las diferentes ejecuciones de prueba.

Tabla 13 Mejores soluciones generadas en pruebas para calibración de parámetros para NSGA-II

No Prueba	AVGUsedTime	AVGFreeCapacity	Rank	Crowding Distance
5	0,13587288	0,212	0	1,79769313486232E+308
4	0,14454068	0,16194	0	0,1048022
8	0,16632203	1,01E-01	0	0,05224373
9	0,20128814	9,37E-02	0	1,79769313486232E+308
1	0,15110509	0,12243	0	0,08289136
1	0,17672881	0,09581	0	0,0421161
5	0,14459153	0,1826	1	1,79769313486232E+308
8	0,20269492	9,74E-02	1	1,79769313486232E+308
1	0,15301695	0,15571	1	0,10101898
7	0,16983051	1,07E-01	1	0,10795797
9	0,17167797	0,1073	2	0,15530051
3	0,15340678	0,25732	2	1,79769313486232E+308
9	0,15767797	0,22517	2	0,10162797
8	0,3030678	1,06E-01	2	1,79769313486232E+308
6	0,17008475	1,72E-01	2	0,10969932
1	0,17123729	0,12903	2	0,06666322

Por lo anterior la configuración seleccionada para las pruebas de NSGA-II es:

- Probabilidad de mutación: 0,333
- Iteraciones: 50
- Tiempo máximo de un usuario en el sistema: 90
- Tamaño de flota disponible: 50
- Máximo sugerido de rutas: 5
- Tamaño de población: 10
- Probabilidad de cruce: 0,7



ANEXO 6. Detalle ejecuciones MOGBHS-TNDFSP

Se realizaron 30 ejecuciones independientes de MOGBHS para la búsqueda de las mejores configuraciones de rutas y frecuencias para el STMP Megabús minimizando tiempos de uso y capacidad desperdiciada de flota.

Los parámetros utilizados fueron:

- PARmin: 0,01
- Improvisos: 100
- Tiempo máximo de un usuario en el sistema: 90
- Tamaño de flota disponible: 50
- Máximo sugerido de rutas: 5
- HMS: 10
- HMCR : 0,7
- PARmax: 0,35

En cada ejecución se varió la semilla de la función de aleatoriedad utilizada para garantizar la independencia de las soluciones encontradas en cada ejecución.

Para lograr la normalización de los valores y completar los valores que no se lograron establecer mediante la información obtenida desde Megabus S.A., se definió:

- Mínimo tiempo de uso del sistema 1 minuto
- Máximo tiempo de uso del sistema 90 minutos
- Capacidad máxima por bus 140 pasajeros
- Tiempo de detención por bus en estación 0.5 minutos (30 segundos)

Las pruebas se realizaron en un equipo con las siguientes características y software:

- Fabricante: ASUS
- Modelo: N56VZ-V4G
- Procesador Intel Core i/-3630QM CPU @ 2.40 GHz
- Memoria RAM: DDR3 1600MHz, 8.00 GB
- Disco duro: 2.5" SATA, 1TB 5400
- Sistema Operativo: Microsoft Windows 10 - 64 bits
- .Net Framework 4.0
- Versión del prototipo software 2.3



- Versión modelo de simulación 3.7
- Arena versión 14.0
- Procesador SIMAN versión 14.0
- Microsoft SQLServer 2008

A continuación se presenta la Tabla 14 con el detalle de la semilla para la función de aleatoriedad utilizada en cada una de las 30 ejecuciones de MOGBHS-TNDFSP y los tiempos totales de ejecución con el hardware y software anteriormente descrito.

Tabla 14 Semillas utilizadas y tiempos de ejecución de pruebas de MOGBHS-TNDFSP

Numero de prueba	Semilla utilizada	Tiempo total (mins)	Horas	Minutos
1	100	1381	23	1
2	200	1405	23	25
3	300	1464	24	24
4	400	1235	20	35
5	500	1492	24	52
6	600	1366	22	46
7	700	1727	28	47
8	800	1689	28	9
9	900	1612	26	52
10	1000	1504	25	4
11	1100	1482	24	42
12	1200	1446	24	6
13	1300	1330	22	10
14	1400	1382	23	2
15	1500	1439	23	59
16	1600	1545	25	45
17	1700	1366	22	46
18	1800	1310	21	50
19	1900	1283	21	23
20	2000	1499	24	59
21	2100	1226	20	26
22	2200	1763	29	23
23	2300	1669	27	49
24	2400	1774	29	34
25	2500	1382	23	2
26	2600	1281	21	21
27	2700	1574	26	14
28	2800	1371	22	51
29	2900	1576	26	16



30	3000	1081	18	1
Promedio		1455,13	24	29

En la Figura 62 se presenta un grafico que permite comparar los tiempos de ejecución de las diferentes pruebas de MOGBHS-TNDFSP.

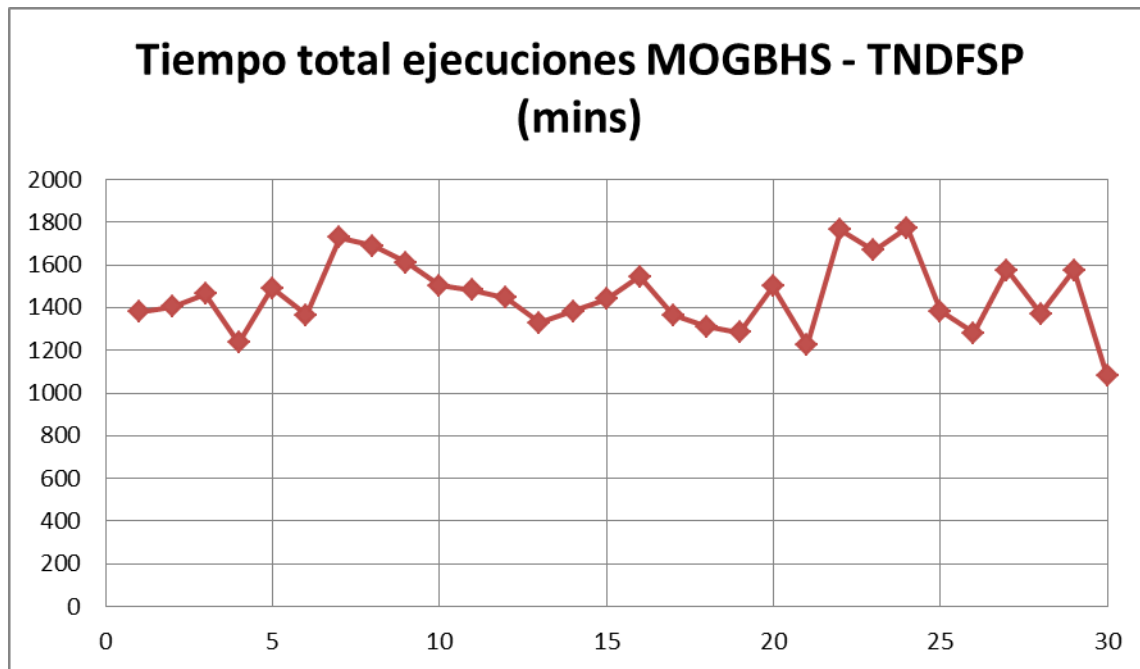


Figura 62 Tiempos de ejecución de las pruebas de MOGBHS-TNDFSP

Al finalizar las ejecuciones se tomaron las memorias armónicas resultado y se creó un solo grupo con un total de 300 armonías. En la Figura 63 se presenta el grafico de dispersión de dichas armonías frente a los dos objetivos evaluados en las pruebas de MOGBHS (Eje X: promedio de tiempo de uso del sistema, Eje Y: promedio de capacidad desperdiciada)

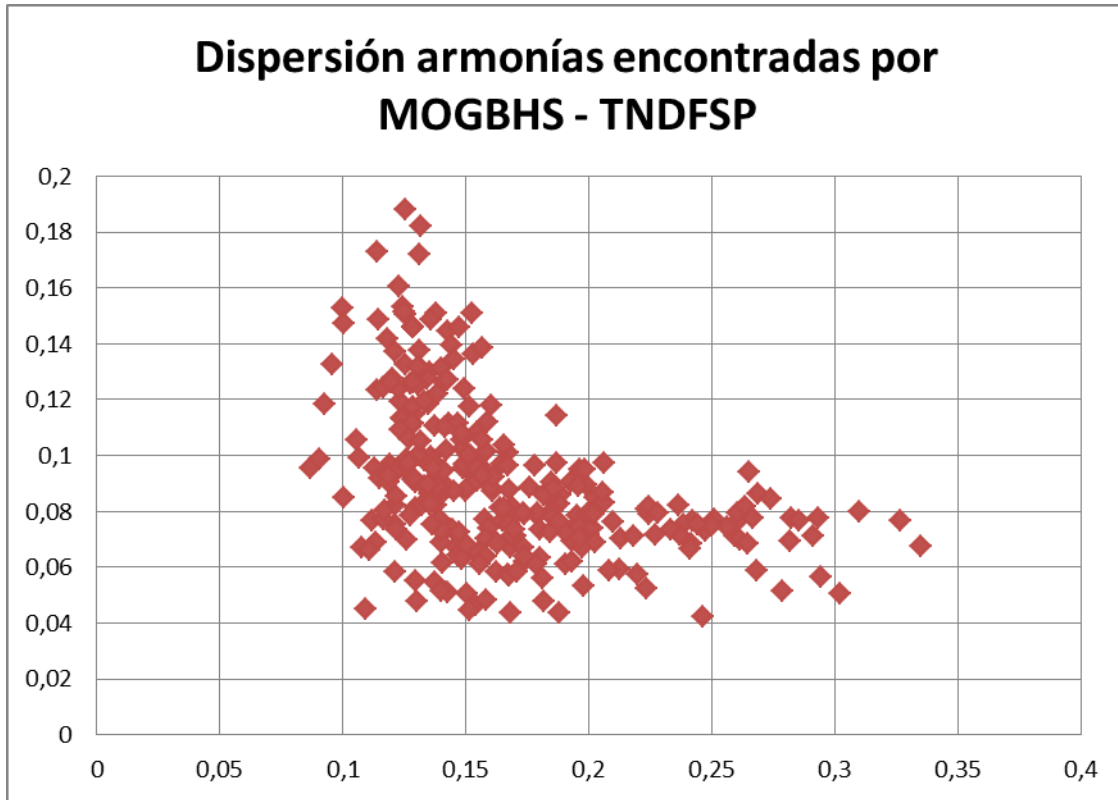


Figura 63 Dispersión de armonías encontradas por MOGBHS-TNDfsp

El grupo consolidado de memorias armónicas resultado de las treinta (30) ejecuciones de MOGBHS-TNDfsp se ordenó por frente de Pareto y distancia de dispersión para identificar las mejores soluciones, en la Tabla 15 se presentan las armonías del primer frente de Pareto encontrado después de dicho proceso.

Tabla 15 Mejores soluciones encontradas en 30 ejecuciones de MOGBHS - TNDfsp

Cantidad de rutas	Ids de rutas	Frecuencias	Promedio de tiempo de uso	Promedio tiempo de uso (mins)	Promedio capacidad desperdiciada	Promedio capacidad desperdiciada (# cupos)
5	64,60,95,110,23	25,16,10,28,2	0,107644	9,687966	0,067190	9,4066
4	123,11,20,23	27,18,3,2	0,246475	22,182712	0,042290	5,9206
4	100,2,103,23	25,2,29,3	0,109092	9,818237	0,045060	6,3084
4	21,38,103,23	20,11,9,2	0,100693	9,062390	0,084690	11,8566
4	92,64,108,23	14,25,14,2	0,087015	7,831373	0,095650	13,391
4	7,103,23,106	26,23,3,3	0,151249	13,612424	0,044660	6,2524
3	23,123,19	14,4,2	0,187847	16,906271	0,043490	6,0886
4	123,7,95,23	24,16,4,3	0,168153	15,133729	0,043640	6,1096



ANEXO 7. Detalle ejecuciones NSGAIL-TNDFSP

Se realizaron 30 ejecuciones independientes de NSGA-II para la búsqueda de las mejores configuraciones de rutas y frecuencias para el STMP Megabús minimizando tiempos de uso y capacidad desperdiciada de flota.

Los parámetros utilizados fueron:

- Probabilidad de mutación: 0,333
- Iteraciones: 50
- Tiempo máximo de un usuario en el sistema: 90
- Tamaño de flota disponible: 50
- Máximo sugerido de rutas: 5
- Tamaño de población: 10
- Probabilidad de cruce: 0,7

En cada ejecución se varió la semilla de la función de aleatoriedad utilizada para garantizar la independencia de las soluciones encontradas en cada ejecución.

Para lograr la normalización de los valores y completar los valores que no se lograron establecer mediante la información obtenida desde Megabus S.A., se definió:

- Mínimo tiempo de uso del sistema 1 minuto
- Máximo tiempo de uso del sistema 90 minutos
- Capacidad máxima por bus 140 pasajeros
- Tiempo de detención por bus en estación 0.5 minutos (30 segundos)

Las pruebas se realizaron en un equipo con las siguientes características y software (el mismo usado para la experimentación realizada con MOGBHS):

- Fabricante: ASUS
- Modelo: N56VZ-V4G
- Procesador Intel Core i-3630QM CPU @ 2.40 GHz
- Memoria RAM: DDR3 1600MHz, 8.00 GB
- Disco duro: 2.5" SATA, 1TB 5400
- Sistema Operativo: Microsoft Windows 10 - 64 bits
- .Net Framework 4.0
- Versión del prototipo software 2.3



- Versión modelo de simulación 3.7
- Arena versión 14.0
- Procesador SIMAN versión 14.0
- Microsoft SQLServer 2008

A continuación se presenta en la Tabla 16 el detalle de la semilla para la función de aleatoriedad utilizada en cada una de las 30 ejecuciones de NSGAI-TNDFSP y los tiempos totales de ejecución con el hardware y software anteriormente descrito.

Tabla 16 Semillas utilizadas y tiempos de ejecución de pruebas de NSGAI-TNDFSP

Numero de prueba	Semilla utilizada	Tiempo total (mins)	Horas	Minutos
1	100	799	19	13
2	200	797	17	13
3	300	718	58	11
4	400	761	41	12
5	500	707	47	11
6	600	988	28	16
7	700	959	59	15
8	800	966	6	16
9	900	973	13	16
10	1000	923	23	15
11	1100	773	53	12
12	1200	801	21	13
13	1300	687	27	11
14	1400	843	3	14
15	1500	812	32	13
16	1600	762	42	12
17	1700	763	43	12
18	1800	757	37	12
19	1900	711	51	11
20	2000	743	23	12
21	2100	947	47	15
22	2200	987	27	16
23	2300	966	6	16
24	2400	970	10	16
25	2500	983	23	16
26	2600	780	0	13
27	2700	783	3	13
28	2800	788	8	13
29	2900	778	58	12



30	3000	810	30	13
Promedio		835	13	29

En la Figura 64 se presenta un grafico que permite comparar los tiempos de ejecución de las diferentes pruebas de NSGAI-TNDFSP.

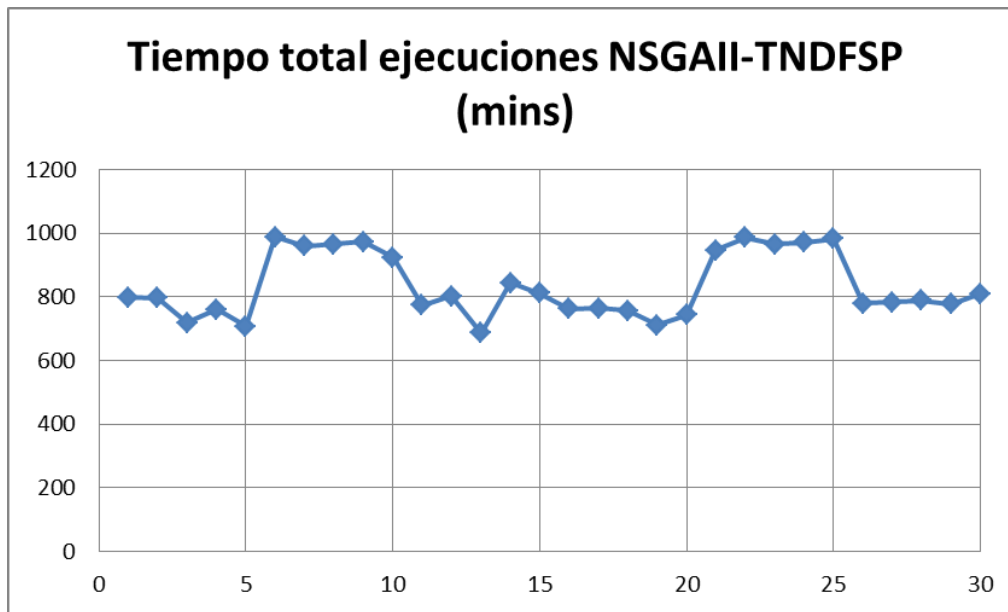


Figura 64 Tiempos de ejecución de las pruebas de MOGBHS-TNDFSP

Al finalizar las ejecuciones se tomaron las soluciones resultado y se creó un solo grupo con un total de 300 soluciones. En la Figura 65 se presenta el grafico de dispersión de dichas armonías frente a los dos objetivos evaluados en las pruebas de NSGA-II (Eje X: promedio de tiempo de uso del sistema, Eje Y: promedio de capacidad desperdiciada)

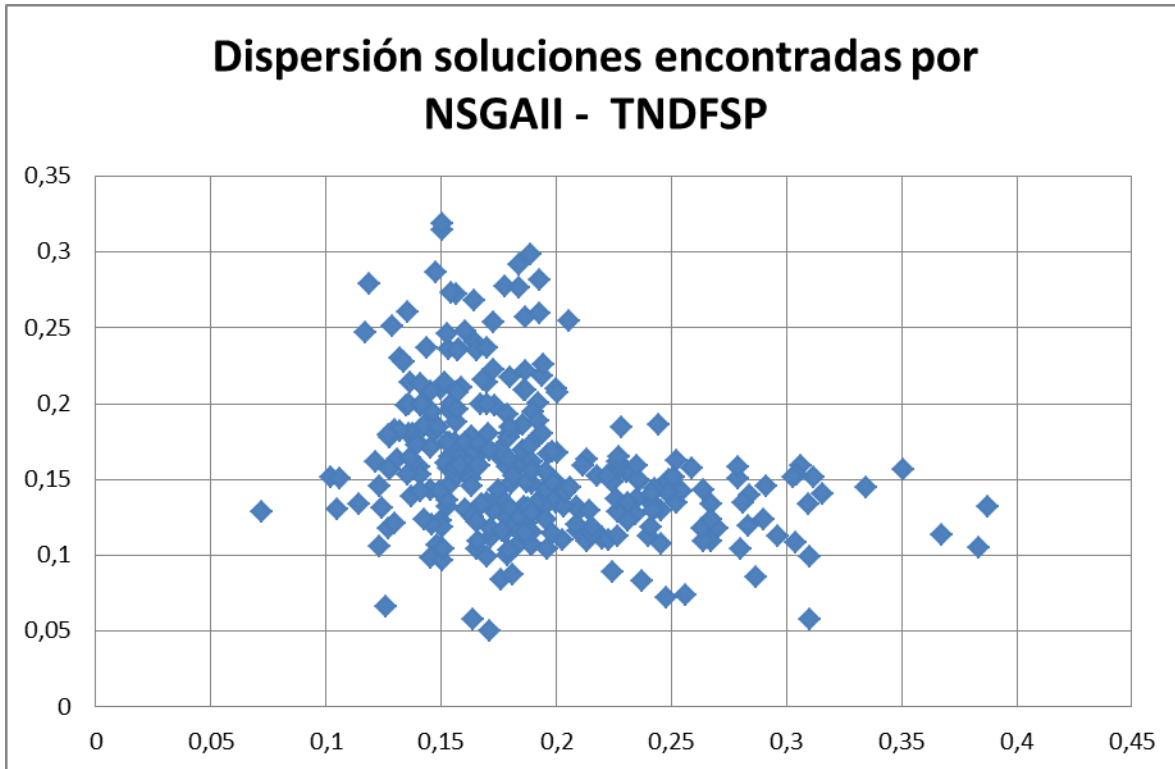


Figura 65 Dispersión de armonías encontradas por NSGAI-TNDSP

El grupo consolidado de soluciones resultado de las treinta (30) ejecuciones de NSGAI-TNDSP se ordenó por frente de Pareto y distancia de dispersión para identificar las mejores soluciones, en la Tabla 17 se presentan las soluciones del primer frente de Pareto encontrado después de dicho proceso.

Tabla 17 Mejores soluciones encontradas en 30 ejecuciones de NSGAI - TNDSP

Cantidad de rutas	Ids de rutas	Frecuencias	Promedio de tiempo de uso	Promedio tiempo de uso (mins)	Promedio capacidad desperdiciada	Promedio capacidad desperdiciada (# cupos)
5	47,8,103,52,26	25,14,23,19,5	0,072028814	6,48259326	0,12843	17,9802
5	50,0,111,113,23	25,19,16,16,6	0,163779661	14,74016949	0,05766	8,0724
6	114,9,80,64,81,7	21,18,24,16,10,8	0,126276271	11,36486439	0,06623	9,2722
6	101,9,80,64,81,7	25,15,24,27,12,5	0,170966102	15,38694918	0,05006	7,0084
4	53,96,109,23	13,27,25,4	0,123332203	11,09989827	0,10595	14,833