0873

LOCALIZACION DE SERVICIOS
MODELOS Y APLICACIONES

RICARDO ACEVES GARCIA

T E S I S

Presentada a la División de Estudios de
Posgrado de la
FACULTAD DE INGENIERIA
de la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
como requisito para obtener
el grado de
MAESTRO EN INGENIERIA
(INVESTIGACION DE OPERACIONES)

CIUDAD UNIVERSITARIA

LOCALIZACION DE SERVICIOS:

MODELOS Y APLICACIONES

CREDITOS ASIGNADOS A LA TESIS 12 (DOCE)
letra y número

APROBADO POR EL JURADO

Presidente:	M EN I FRANCISCO ALVAREZ CASO	
Vocal:	DR. SERGIO FUENTES MAYA	Fuentes Maya
Secretario:	M EN I VICTOR FLORES ZAVALA	
Suplente:	M EN I RUBEN TELLEZ SANCHEZ	
Suplente:	M EN I GABRIEL SANCHEZ GUERRERO	

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

Profr. SERGIO FUENTES MAYA
P r e s e n t e

Comunico a usted que a propuesta del SUBJEFE DEL AREA DE SISTEMAS ha sido designado como director de tesis del alumno(a) RICARDO ACEVES GARCIA para obtener el grado de M EN I EN INV. DE OPERACIONES.

Mucho he de agradecerle su comunicación, por escrito, de la aceptación a esta designación y el nombre de la tesis a desarrollar.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 13 de diciembre de 1985
EL JEFE DE LA DIVISION

DR. GABRIEL ECHAVEZ ALDAPE

E.5.1

CIUDAD UNIVERSITARIA MEXICO 20, D.F. APDO. POSTAL 70-256 TEL. 548-58-77 550-52-15 EXT. 4155

R E S U M E N

EN ANOS RECIENTES,LA INVESTIGACION DE OPERACIONES HA TENIDO UN IMPACTO CRECIENTE EN LA ADMINISTRACION Y TOMA DE DECISIONES,TANTO EN LOS SECTORES PUBLICO COMO PRIVADO. LA VARIEDAD Y NUMERO DE SUS APLICACIONES CONTINUA CRECIENDO RAPIDAMENTE Y ESTA SIENDO APLICADA AMPLIAMENTE EN LOS NEGOCIOS,LA INDUSTRIA Y EL GOBIERNO.

UNA TECNICA IMPORTANTE PERO POCO CONOCIDA,ES LA DENOMINADA TEORIA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,LA CUAL HA OFRECIDO Y OFRECE,UN GRAN POTENCIAL PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS DONDE SE TENGA QUE LOCALIZAR UNO O MAS SERVICIOS,QUE A SU VEZ DEBAN ATENDER O SATISFACER A UN CONJUNTO DE USUARIOS O CENTROS DE DEMANDA.

EL PRESENTE TRABAJO TIENE COMO PROPOSITO ANALIZAR LAS BASES METODOLOGICAS DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,CON ESPECIAL ENFASIS EN LOS MODELOS DE LOCALIZACION PARA UNO Y VARIOS SERVICIOS Y EL MODELO DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION,EFECTUAR SU CORRESPONDIENTE ANALISIS CON LAS MEDIDAS DE DISTANCIA:RECTANGULAR CUADRADO EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA , CONSIDERANDO EL ESPACIO DE SOLUCIONES CONTINUO,ASI COMO SU APLICACION Y PROGRAMACION EN COMPUTADORA

C O N T E N I D O

I N T R O D U C C I O N

EN ANOS RECIENTES,LA INVESTIGACION DE OPERACIONES HA TENIDO UN IMPACTO CRECIENTE EN LA ADMINISTRACION Y TOMA DE DECISIONES,TANTO EN LOS SECTORES PUBLICO COMO PRIVADO. LA VARIEDAD Y NUMERO DE SUS APLICACIONES CONTINUA CRECIENDO RAPIDAMENTE Y ESTA SIENDO APLICADA AMPLIAMENTE EN LOS NEGOCIOS,LA INDUSTRIA Y EL GOBIERNO. EN RELACION A LAS TECNICAS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES,PODEMOS DECIR QUE: LA PROGRAMACION LINEAL HA SIDO UTILIZADA SATISFACTORIAMENTE EN PROBLEMAS REFERENTES A LA ASIGNACION DE PERSONAL,MEZCLA DE MATERIALES,DISTRIBUCION Y TRANSPORTE, ECOLOGIA E INVERSIONES , POR MENCIONAR ALGUNAS APLICACIONES. LA PROGRAMACION DINAMICA SE HA UTILIZADO EXITOSAMENTE EN LA PLANIFICACION DEL GASTO DE PUBLICIDAD,PROGRAMACION DE LA PRODUCCION Y DISTRIBUCION DEL ESFUEZO DE VENTAS. LA TEORIA DE DECISIONES HA SIDO APLICADA AL CONTROL DE HURACANES,CONTAMINACION DEL AGUA Y GASTOS DE PUBLICIDAD. OTRAS TECNICAS DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES,COMO LA SIMULACION,TEORIA DE INVENTARIOS Y LA TEORIA DE JUEGOS,TAMBIEN HAN TENIDO EXITO APLICADAS A DIVERSOS PROBLEMAS.

UNA TECNICA IMPORTANTE PERO POCO CONOCIDA,ES LA DENOMINADA TEORIA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,LA CUAL HA OFRECIDO Y OFRECE UN GRAN POTENCIAL PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS DONDE SE TENGA QUE LOCALIZAR UNO O MAS SERVICIOS,QUE A SU VEZ DEBAN ATENDER O SATISFACER A UN CONJUNTO DE USUARIOS O CENTROS DE DEMANDA. ENTENDIENDOSE POR SERVICIO: UN HOSPITAL,UNA ESTACION DE BOMBEROS

O DE POLICIA,UN DISTRITO POLITICO,UNA FABRICA O BODEGA,ALGUNA MAQUINA,ETC.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS ES MUY ANTIGUO,EN LA LITERATURA MATEMATICA,CAVALIERI EN 1647 CONSIDERO EL PROBLEMA DE DETERMINAR UN PUNTO,CUYA SUMA DE SUS DISTANCIAS A TRES PUNTOS DADOS,SEA MINIMA. DEMOSTRO QUE CADA LADO DEBERA TENER UN ANGULO MENOR A 120 GRADOS,CON EL PUNTO DADO. FAGNANO EN 1775 DEMOSTRO,QUE EL PUNTO PARA EL CUAL LA SUMA DE LAS DISTANCIAS A LOS VERTICES DE UN CUADRILATERO,ES MINIMA,ESTA DADA POR LA INTERSECCION DE LAS DIAGONALES. TEDENAT EN 1810 ENCONTRO PARA EL CASO DE n PUNTOS,LA SIGUIENTE CONDICION NECESARIA:LA SUMA DE LOS COSENOS DE LOS ANGULOS ENTRE ALGUNA LINEA ARBITRARIA EN EL PLANO Y EL CONJUNTO DE LINEAS QUE UNEN LOS n PUNTOS,CON EL PUNTO MINIMO,DEBE SER IGUAL A CERO. FINALMENTE STEINER PROBO EN 1837,QUE LA CONDICION NECESARIA Y SUFICIENTE,ES QUE LA SUMA DE LOS COSENOS Y SENOS DE LOS ANGULOS ANTERIORMENTE MENCIONADOS DEBE SER IGUAL A CERO.

EN 1929 ALFRED WEBER EN SU ESTUDIO CLASICO DE LOCALIZACION DE INDUSTRIAS,PRESENTA UNA CARACTERIZACION DE LA LOCALIZACION TRIANGULAR Y LA DISCUSION DEL CONCEPTO DE PUNTO MINIMO. EN 1956 WALTER ISARD EN SU ESTUDIO DE LOCALIZACION INDUSTRIAL,MENCIONA EL PROBLEMA DE UNA MULTIPLICIDAD DE PRODUCTORES,PERO LO RESTRINGE AL CASO DE VARIAS AREAS DE MERCADO,CONSIDERANDO A CADA UNA DE ELLAS CON UN SOLO PRODUCTOR. LO QUE REDUCE EL PROBLEMA DE

LOCALIZACION,A UNO DE UNA SOLA FUENTE PARA CADA AREA DE DEMANDA,EVITANDO EL PROBLEMA DE DETERMINAR LA LOCALIZACION DE VARIAS FUENTES SIMULTANEAMENTE. SIN EMBARGO,NO FUE SI NO HASTA LOS TRABAJOS DE KUHN EN 1963,QUE EL PROBLEMA PUDO SER CONSIDERADO COMPLETAMENTE TRATADO Y RESUELTO. EN LA ACTUALIDAD,AL PROBLEMA DE LOCALIZACION SE LE HA VINCULADO FUERTEMENTE CON LAS TECNICAS DE OPTIMIZACION DEBIDO A LOS DIFERENTES CONTEXTOS EN LOS QUE SURGE,PUDIENDOSE UTILIZAR EN SU ANALISIS Y SOLUCION,A LA PROGRAMACION LINEAL, LA PROGRAMACION DINAMICA, LA PROGRAMACION NO LINEAL Y A LA PROGRAMACION ENTERA.

EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO,ES ANALIZAR LAS BASES METODOLOGICAS DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,CON ESPECIAL ENFASIS EN LOS MODELOS DE LOCALIZACION PARA UNO Y VARIOS SERVICIOS,EFECTUAR SU CORRESPONDIENTE ANALISIS CON LAS MEDIDAS DE DISTANCIA: RECTANGULAR,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA,CONSIDERANDO EL ESPACIO DE SOLUCIONES CONTINUO,ASI COMO SU APLICACION Y PROGRAMACION EN COMPUTADORA.

EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO ES EN LA SIGUIENTE FORMA: EN EL CAPITULO I,SE HACE UNA DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION CON EL FIN DE CONCEPTUALIZARLO EN UN MARCO GENERAL Y DEFINIR ADECUADAMENTE A SUS COMPONENTES. EN PARTICULAR,SE HACE UNA CLASIFICACION DE LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE ACUERDO A SUS PRINCIPALES COMPONENTES.POR ULTIMO SE MENCIONAN ALGUNAS APLICACIONES ESPECIFICAS. EN EL CAPITULO II,SE ANALIZA A LOS

PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE UN SOLO NUEVO SERVICIO, SE PRESENTA LA FORMULACION MATEMATICA GENERAL DEL MODELO, SE DESARROLLA EL MODELO UTILIZANDO LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA,Y SE RESUELVEN ALGUNOS EJEMPLOS. EN EL CAPITULO III,SE ANALIZA EL PROBLEMA DE LOCALIZAR MULTIPLES NUEVOS SERVICIOS,INICIANDO CON LA FORMULACION MATEMATICA GENERAL DEL MODELO,A CONTINUACION SE DESARROLLA EL MODELO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA,Y SE RESUELVEN EJEMPLOS PARA CADA UNA DE ELLAS. EN EL CAPITULO IV,SE ANALIZA EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION,EN LA PRIMERA PARTE SE HACE UNA DESCRIPCION GENERAL DEL PROBLEMA,SE ESTABLECE LA COMPARACION CON EL PROBLEMA PURAMENTE DE LOCALIZACION. A CONTINUACION SE PRESENTA LA FORMULACION DEL MODELO CON LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA. POR ULTIMO SE PRESENTA UN METODO APROXIMADO DE SOLUCION,POR LAS CARACTERISTICAS DEL PROBLEMA Y SE DA UN EJEMPLO DE APLICACION. EN EL CAPITULO V,SE PRESENTAN LAS CONCLUSIONES DEL TRABAJO. POR ULTIMO,SE ANEXAN DOS APENDICES. EN EL APENDICE A ,SE PRESENTAN ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS.Y EN EL APENDICE B ,SE EXPLICA EL USO DE CADA UNO DE LOS PROGRAMAS DE COMPUTADORA ASI COMO UN BOSQUEJO DE LA ESTRUCTURA DE LOS MISMOS.

C A P I T U L O I. EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS

EN LA PRACTICA FRECUENTEMENTE APARECEN PROBLEMAS QUE SE REFIEREN A COMO SERVIR O ATENDER A UN CONJUNTO DE USUARIOS QUE TIENEN UNA LOCALIZACION FIJA Y CONOCIDA. LO QUE SE DESEA DETERMINAR,ES EL NUMERO,LOCALIZACION,Y TAMANO DE LAS FUENTES DE SERVICIO,QUE MAS ECONOMICAMENTE PUEDAN ATENDER O SERVIR AL CONJUNTO DE USUARIOS. POR LO TANTO,LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE SERVICIOS SE ENFOCAN A INVESTIGAR LA DECISION DE DONDE LOCALIZAR UNA O VARIAS FUENTES DE SERVICIO,QUE A SU VEZ SATISFACEN A UN CIERTO NUMERO DE CLIENTES O PUNTOS DE DEMANDA,POR LO GENERAL SE HACE MENCION TAMBIEN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION O SISTEMAS LOGISTICOS.

EL PRESENTE CAPITULO SE DESARROLLA COMO SIGUE: EN LA PRIMERA PARTE,SE HACE UNA DESCRIPCION GENERAL DEL PROBLEMA,SE PRESENTA UN EJEMPLO PARA UNA MEJOR COMPRENSION DEL MISMO Y SE ESTABLECE LA COMPARACION CON EL PROBLEMA DE TRANSPORTE. EN LA SEGUNDA PARTE,SE DEFINEN LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION Y EN BASE A ESTOS,SE HACE UNA CLASIFICACION DEL MISMO. POR ULTIMO,SE PRESENTAN ALGUNAS APLICACIONES ESPECIFICAS EN LOS SECTORES PUBLICO Y PRIVADO.

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA GENERAL DE LOCALIZACION DE SERVICIOS PUEDE SER INDICADO COMO SIGUE: DADA LA LOCALIZACION DE CADA USUARIO,SU DEMANDA Y LOS COSTOS DE TRANSPORTE EN LA REGION DE INTERES. DETERMINAR EL NUMERO DE FUENTES DE SERVICIO,LA LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS FUENTES Y LA CAPACIDAD DE CADA UNA DE ELLAS.

E J E M P L O: CONSIDERE LA INSTALACION DE UN CONJUNTO DE BODEGAS EXPENDEDORAS DE FERTILIZANTE,EN CIERTA REGION RURAL,DONDE SE CONOCE LA LOCALIZACION DE CADA COMUNIDAD,EL REQUERIMIENTO DE FERTILIZANTES EN CADA UNA DE ELLAS Y LOS COSTOS DE TRANSPORTE EN LA REGION. SE DESEA DETERMINAR,EL NUMERO DE BODEGAS EXPENDEDORAS, LA LOCALIZACION GEOGRAFICA DE CADA UNA DE ELLAS Y SU CAPACIDAD. AUNQUE EXISTEN PROBLEMAS MAS COMPLEJOS EN DONDE SE REQUIERE LA CONSIDERACION DE DATOS TALES COMO: LOCALIZACION DE CADA CLIENTE O DESTINO, DEMANDA DE CADA CLIENTE, LIMITACIONES EN LAS CAPACIDADES DE LAS FUENTES DE SERVICIO, COSTOS DE TRANSPORTE, MEDIOS DE TRANSPORTE, ETC. ADEMAS,SE DESEAN CONTESTAR PREGUNTAS TALES COMO: CUANTAS FUENTES DE SERVICIO, LOCALIZACION DE CADA FUENTE, DISTRIBUCION O ASIGNACION DE CLIENTES O DESTINOS, CANTIDADES A TRANSPORTAR, ETC.

EL PROBLEMA PARECE SER MUY SIMILAR AL DE TRANSPORTE,SIN EMBARGO,CON LA TEORIA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS NOS CONCENTRAREMOS A DETERMINAR LA UBICACION GEOGRAFICA QUE DEBEN

TENER CADA UNA DE LAS FUENTES,DE TAL FORMA QUE SE OPTIMICEN COSTOS TALES COMO,LOS DE TRANSPORTE DE PRODUCTOS DE FUENTES DE SERVICIO A CENTROS O PUNTOS DE DEMANDA, COSTOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS FUENTES DE SERVICIO,ETC. SE SUPONE QUE LOS COSTOS DE TRANSPORTE SON PROPORCIONALES A UNA FUNCION DE LA DISTANCIA RECORRIDA,DESDE SU PUNTO DE EMBARQUE HASTA SU PUNTO DE DESTINO.

1.2 COMPONENTES DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION

BASANDOSE EN LA DESCRIPCION GENERAL DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS Y EN LOS DIFERENTES EJEMPLOS CONSIDERADOS,ES POSIBLE DETERMINAR LOS COMPONENTES FUNDAMENTALES DE UN PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,INDEPENDIENTEMENTE DE LOS DIFERENTES CONTEXTOS EN QUE SE PUEDE PRESENTAR. PARA LO CUAL,SE DEBEN CONSIDERAR LOS SIGUIENTES SEIS ELEMENTOS PRINCIPALMENTE:

DEMANDA: DEFINIDA TAMBIEN COMO LA INTERACCION ENTRE FUENTES DE SERVICIO Y CENTROS DE DEMANDA O LA INTERACION ENTRE ALGUN PAR DE NUEVOS SERVICIOS.

EL NUMERO DE SERVICIOS: QUE REPRESENTA LA CANTIDAD DE NUEVOS SERVICIOS QUE SE DESEAN O NECESITAN LOCALIZAR.

LA MEDIDA DE DISTANCIA:QUE REPRESENTA UNA MEDIDA DE RECORRIDO ENTRE LOS DIFERENTES PUNTOS O CENTROS DE DEMANDA Y FUENTES DE SERVICIO,EN LA REGION O AREA DE ESTUDIO.

LOCALIZACION DE LOS PUNTOS O CENTROS DE DEMANDA:NOS INDICAN LOS DIFERENTES SITIOS O LUGARES EN DONDE SURGEN O SE TIENEN

NECESIDADES

EL ESPACIO DE SOLUCIONES: NOS INDICA EL NUMERO DE POSIBLES LOCALIZACIONES DE LOS NUEVOS SERVICIOS.

LA FUNCION OBJETIVO:QUE NORMALMENTE NOS REPRESENTA ALGUNA FUNCION DE COSTO TOTAL,PARA EVALUAR SOLUCIONES ALTERNATIVAS.

ESTOS SEIS ELEMENTOS DEBERAN ESTAR PRESENTES DE UNA U OTRA FORMA,EN TODO PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS.

1.3 CLASIFICACION DE LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION

SE PUEDEN ESTABLECER DIFERENTES MANERAS DE CLASIFICAR A LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE SERVICIOS. SIN EMBARGO,PARA EL PROPOSITO Y CONTENIDO DE ESTE TRABAJO Y CONSIDERANDO LOS COMPONENTES DETERMINADOS ANTERIORMENTE,SE PRESENTA LA SIGUIENTE CLASIFICACION CONCEPTUAL:

LOCALIZACION DE CENTROS DE DEMANDA: PUEDE SER CONSIDERADA COMO ESTATICA O DINAMICA,TANTO COMO,DETERMINISTICA O PROBABILISTICA. ADICIONALMENTE DEPENDIENDO DEL TAMANO DEL CENTRO DE DEMANDA,PUEDE SER CONSIDERADA COMO LOCALIZACION DE AREA.

NUMERO DE NUEVOS SERVICIOS: PUEDEN CONSIDERARSE,UN SOLO SERVICIO O MULTIPLES SERVICIOS. ADEMAS,PUEDE SER VARIABLE DE DECISION O PARAMETRO Y ADICIONALMENTE LA LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO PUEDE SER DEPENDIENTE O INDEPENDIENTE DE LOS DEMAS.

MEDIDA DE LA DISTANCIA: LAS MAS COMUNMENTE USADAS SON

RECTILINEA,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA. SIN EMBARGO,EXISTEN ALGUNOS PROBLEMAS EN DONDE,LA MEDIDA DE DISTANCIA NO PUEDE SER RAZONABLEMENTE REPRESENTADA POR ALGUNA DE LAS MEDIDAS ANTERIORES.

ESPACIO DE SOLUCIONES: GENERALMENTE PUEDE SER DE DOS O TRES DIMENSIONES,ADEMAS PUEDE CONSIDERARSE CONTINUO O DISCRETO Y ESTAR LIMITADO POR UNA O MAS RESTRICCIONES.

FUNCION OBJETIVO: LOS OBJETIVOS COMUNMENTE USADOS SON MINIMIZAR ALGUNA FUNCION DE COSTO TOTAL O LA MINIMIZACION DEL MAXIMO COSTO ENTRE PARES DE FUENTES DE SERVICIO Y CENTROS DE DEMANDA.

DEMANDA: GENERALMENTE ES CUANTITATIVA,PERO ADEMAS PUEDE SER UNA FUNCION DE LA LOCALIZACION. SU MAGNITUD PUEDE SER ESTATICA O DINAMICA,DETERMINISTICA O PROBABILISTICA Y SER VARIABLE DE DECISION O PARAMETRO.

1.4 APLICACIONES ESPECIFICAS

PARA CLARIFICAR UN POCO LAS IDEAS EXPUESTAS EN LOS APARTADOS ANTERIORES,ADEMAS DE PUNTUALIZAR EL POTENCIAL DE LA TECNICA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,SE DESCRIBIRAN ALGUNOS EJEMPLOS QUE PUEDEN SER RESUELTOS POR MEDIO DE ESTA TECNICA.

EJEMPLO 1 (LOCALIZACION DE HOSPITALES)

EL SECTOR SALUD SE ENFRENTA PERIODICAMENTE ANTE LA PREGUNTA DE DONDE Y CUANTOS HOSPITALES SE DEBEN CONSTRUIR EN EL PAIS. MAS AUN,LOS HOSPITALES DEBEN SER DE DIVERSOS TAMANOS Y PRESTAR

DIFERENTES SERVICIOS;ASI,EXISTEN HOSPITALES REGIONALES Y LOCALES,ADEMAS DE CENTROS DE SALUD,CLINICAS DE CAMPO Y PUESTOS DE SALUD. EL PROBLEMA CONSIDERA QUE YA EXISTEN UN BUEN NUMERO DE ELLOS DISEMINADOS POR TODO EL PAIS Y SE CUENTA CON UNA POBLACION QUE DEMANDA SERVICIOS DE CONSULTA EXTERNA, HOSPITALIZACION, MATERNIDAD, URGENCIAS, LABORATORIOS, ETC.

LAS PREGUNTAS BASICAS PARA RESOLVER EN ESTE PROBLEMA SON:CUANTOS HOSPITALES,QUE TIPO DE ELLOS,TAMANO,CUANDO Y DONDE DEBEN CONSTRUIRSE.

EJEMPLO 2 (LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEROS)

EN MAYO DE 1985,EN EL DIARIO "EL ESPECTADOR" DE BOGOTA,UN REPORTAJE CONCEDIDO POR EL COMANDANTE DE LAS ESTACIONES DE BOMBEROS DE LA CIUDAD,AFIRMABA QUE:EXISTEN TRES ESTACIONES DE BOMBEROS EN LA CIUDAD,LOCALIZADAS EN SITIOS NO MUY ESTRATEGICOS. AUNQUE TENEMOS EQUIPO SUFICIENTE PARA APAGAR TODOS LOS "FUEGOS" QUE SE PRESENTEN EN LA CIUDAD,EL EQUIPO ESTA CONCENTRADO EN UNA DE LAS ESTACIONES. POR LO TANTO,AL PRESENTARSE UN INCENDIO EN ALGUN SITIO ALEJADO DE ALGUNA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEROS,SE CORRE EL PELIGRO DE LLEGAR TARDE A LA ESCENA DEL SINIESTRO. EL ALCALDE DE LA CIUDAD NOS HA PROMETIDO DINERO PARA CONSTRUIR ESTACIONES DE BOMBEROS ADICIONALES. SEGUN ESTAS AFIRMACIONES,EL COMANDANTE DE BOMBEROS SE ENFRENTA ANTE EL PROBLEMA DE DETERMINAR CUANTAS ESTACIONES DE BOMBEROS SE DEBEN CONSTRUIR,DE QUE TAMANO Y EN QUE SITIOS DE LA CIUDAD. EL FENOMENO ADEMAS,ES DE NATURALEZA ALTAMENTE PROBABILISTICA Y TIENE VARIAS LIMITACIONES,POR EJEMPLO.

FONDOS LIMITADOS PARA LA CONSTRUCCION DE UN CIERTO NUMERO DE ESTACIONES. LOS SITIOS O LOTES VACIOS EN LOS CUALES SE PUEDEN CONSTRUIR LAS POSIBLES ESTACIONES. EL NUMERO LIMITADO DE RECURSOS DISPONIBLES PARA DESTINAR A CADA UNA DE LA ESTACIONES,ETC.

EJEMPLO 3 (LOCALIZACION DE UN TALLER DE MANTANIMIENTO)

UNA COMPANIA QUE RENTA AUTOS TIENE CINCO OFICINAS LOCALIZADAS EN LA CIUDAD DE MEXICO. LOS CLIENTES DESEAN PODER RECOGER Y ENTREGAR EL AUTO EN ALGUNA DE LAS CINCO OFICINAS. LA PREGUNTA QUE INMEDIATAMENTE SURGE ES: QUE LOCALIZACION DEL TALLER DE MANTANIMIENTO MINIMIZARA LA DISTANCIA DE LOS AUTOS QUE SON TRANSPORTADOS ?.

EJEMPLO 4 (LOCALIZACION DE MAQUINARIA)

UNA PEQUENA FABRICA ESTA PLANEANDO AUMENTAR DOS MAQUINAS HERRAMIENTAS EN SU LINEA DE PRODUCCION. LA EMPRESA TIENE CIERTO NUMERO DE MAQUINAS EN SU LINEA DE PRODUCCION. SIN EMBARGO,SOLAMENTE TRES DE ELLAS TENDRAN UN MANEJO DE MATERIAL RELACIONADO CON LAS MAQUINAS NUEVAS. SE DESEA QUE LAS NUEVAS MAQUINAS SEAN LOCALIZADAS EN UN ORDEN TAL,QUE LA DISTANCIA TOTAL DE VIAJE POR DIA,SEA MINIMIZADA.

C A P I T U L O II . LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO

EXISTE UN GRAN NUMERO DE PROBLEMAS INTERESANTES DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO,QUE ESTAN SUJETOS AL ANALISIS QUE SE PRESENTA EN ESTE CAPITULO. LA LOCALIZACION QUE SE PRETENDE,ES AQUELLA QUE MINIMICE UNA FUNCION DE COSTO TOTAL DEFINIDA APROPIADAMENTE.

ALGUNOS EJEMPLOS TIPICOS DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO PUEDEN SER:

UN NUEVO APARATO EN LA COCINA.

UN HOSPITAL,UNA ESTACION DE BOMBEROS O DE POLICIA.

UNA BIBLIOTECA,UN DISTRITO POLITICO O DELEGACION POLITICA.

UNA MAQUINA O UNA FUENTE DE AGUA EN UN PISO. ETC.

ESTOS EJEMPLOS SUGIEREN UNA RAZON DEL INTERES EN LA LOCALIZACION DE SERVICIOS. COMO SUPUESTO FUNDAMENTAL CONSIDERAREMOS EL COSTO PROPORCIONAL A LA DISTANCIA.

EN ESTE CAPITULO SE PRESENTA EN LA PRIMERA PARTE,LA FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO. EN LA SEGUNDA PARTE,SE ANALIZA EL MODELO CON DISTANCIA RECTANGULAR Y SE PRESENTA UN EJEMPLO. EN LA TERCERA PARTE,SE PRESENTA EL ANALISIS DEL MODELO CON EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA Y SE DA UN EJEMPLO. POR ULTIMO,SE ANALIZA EL MODELO CON LA DISTANCIA EUCLIDIANA Y SE PRESENTA TAMBIEN UN EJEMPLO.

2.1 FORMULACION GENERAL DEL MODELO

LA FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO,PUEDE ESTABLECERSE COMO SIGUE: EXISTEN m CENTROS DE DEMANDA EN DIFERENTES PUNTOS CONOCIDOS $P1,\ldots,Pm$ Y UN SERVICIO SERA LOCALIZADO EN EL PUNTO X . LOS COSTOS DE TRANSPORTE SE SUPONEN PROPORCIONALES A LA DISTANCIA ENTRE EL NUEVO SERVICIO Y CENTRO DE DEMANDA i . SI REPRESENTAMOS POR $d(X,Pi)$ LA DISTANCIA DEL TRAYECTO POR VIAJE,ENTRE LOS PUNTOS X Y Pi ,Y REPRESENTAMOS CON Wi AL PRODUCTO DEL COSTO POR UNIDAD DE DISTANCIA VIAJADA Y EL NUMERO DE VIAJES HECHOS POR UNIDAD DE TIEMPO,ENTRE EL NUEVO SERVICIO Y EL CENTRO O PUNTO DE DEMANDA i.
EL COSTO TOTAL POR UNIDAD DE TIEMPO DEBIDO A LOS VIAJES ENTRE EL NUEVO SERVICIO Y TODOS LOS CENTROS DE DEMANDA,ESTA DADO POR:

$$F(X) = \sum_{i=1}^{m} Wi\ d(X,Pi)$$

EN DONDE EL TERMINO Wi ES A VECES REFERIDO COMO PRIORIDADES O PESOS.
EL PROBLEMA CONSISTE EN DETERMINAR LA LOCALIZACION DEL NUEVO SERVICIO X QUE MINIMICE A $F(X)$,O SEA,AL COSTO TOTAL DE TRANSPORTE. DIMENSIONALMENTE $F(X)$ ES EXPRESADO EN \$/unidad de tiempo, Wi EN (\$/distancia) (# de viajes/unidad de tiempo) Y $d(X,Pi)$ TIENE LAS DIMENSIONES DE distancia/viaje.

EN MUCHAS APLICACIONES EL COSTO POR UNIDAD DE DISTANCIA ES CONSTANTE Y EL PROBLEMA SE REDUCE A DETERMINAR LA LOCALIZACION

QUE MINIMICE LA DISTANCIA. TAMBIEN LA CANTIDAD W_i SE PUEDE EXPRESAR COMO: $W_i = C_i D_i$,donde C_i es un costo unitario/unidad de distancia y D_i es la demanda o flujo.

2.2 USO DE LA DISTANCIA RECTANGULAR

AQUELLOS PROBLEMAS EN DONDE LOS VIAJES OCURREN A LO LARGO DE UN CONJUNTO DE NAVES ARREGLADAS EN UN PATRON O MOLDE RECTANGULAR,PARALELOS A LAS PAREDES DE LA CONSTRUCCION,LA MEDIDA DE LA DISTANCIA APROPIADA ES LA RECTANGULAR O METROPOLITANA.

SI LAS COORDENADAS PARA EL NUEVO SERVICIO SON (X,Y) Y PARA CENTRO DE DEMANDA i SON (a_i, b_i),TAL QUE, $X = (X,Y)$ Y $P_i = (a_i, b_i)$,LA DISTANCIA RECTANGULAR ENTRE X Y P_i QUEDA DEFINIDA POR:

$$d(X, P_i) = |X - a_i| + |Y - b_i|$$

LA DISTANCIA RECTANGULAR ES APROPIADA PARA EL ANALISIS DE ALGUNAS LOCALIZACIONES URBANAS,DONDE LOS VIAJES OCURREN EN UN CONJUNTO ORTOGONAL DE CALLES. ADEMAS,EN ALGUNAS OFICINAS EMPLEAN UN CONJUNTO DE ALAS O NAVES LATERALES Y CAMINOS DENTRO DE LOS EDIFICIOS,PARA FACILITAR LOS VIAJES O EL PASO DEL PERSONAL.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION QUE UTILIZA LA DISTANCIA RECTANGULAR,PUEDE SER REPRESENTADO MATEMATICAMENTE POR:

$$\text{MIN } F(X,Y) = \sum_{i=1}^{m} W_i \left(| X - a_i | + | Y - b_i | \right)$$

DE LA ECUACION ANTERIOR SE PUEDE VER QUE EL PROBLEMA ES EQUIVALENTE A:

$$\text{MIN } F(X) = \text{MIN} \sum_{i=1}^{m} W_i | X - a_i | + \text{MIN} \sum_{i=1}^{m} W_i | Y - b_i |$$

DONDE CADA TERMINO DEL LADO DERECHO DE LA IGUALDAD, PUEDE SER TRATADO COMO UN PROBLEMA DE OPTIMIZACION POR SEPARADO:

$$\text{MIN } F1(X) = \sum_{i=1}^{m} W_i | X - a_i |$$

a servicio

a centros de demanda

$$\text{MIN } F2(Y) = \sum_{i=1}^{m} W_i | Y - b_i |$$

COMO F1 (X) Y F2 (Y) TIENEN LA MISMA FORMA, EL PROCEDIMIENTE QUE SE APLIQUE PARA MINIMIZAR ALGUNO DE ELLOS, SE PODRA APLICAR PARA EL OTRO. EL PROCEDIMIENTO USADO PARA MINIMIZAR A F1 (X) DEPENDE DE LA IDEA DE TRANSFORMARLO EN UN PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL EQUIVALENTE, DONDE LA SOLUCION OPTIMA DARA LA COORDENADA OPTIMA X DEL SERVICIO.

ASI,UN PROBLEMA EQUIVALENTE AL MIN. $F1(X)$ ES:

$$MIN\ F1 (X) = \sum_{i=1}^{m} Wi \mid Ri - Si \mid$$

$$X - ai = Ri - Si \ ; \ Ri >= 0 \ , \ Si >= 0$$

O BIEN,EN TERMINOS DE PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL,TENEMOS:

$$MIN\ F1 (X) = \sum_{i=1}^{m} Wi (Ri + Si)$$

s.a.

$$X - Ri + Si = ai \ ; \ i=1,...,m$$

$$Ri >=0, \ Si >=0, \ X = \text{no restringida}$$

CON LO QUE SE ASEGURA QUE AMBOS VALORES R Y S ,NO PUEDEN SER POSITIVOS EN LA SOLUCION OPTIMA DE PROGRAMACION LINEAL.

ESTE PROBLEMA PUEDE SER RESUELTO POR ALGUNO DE LOS METODOS DE LA PROGRAMACION LINEAL,PERO UNA SOLUCION MAS EFICIENTE PUEDE OBTENERSE SI SE FORMULA Y RESUELVE EL PROBLEMA DUAL. ENTONCES,EL PROBLEMA DUAL SIMPLIFICADO EQUIVALE A:

$$MAX\ G1 = \sum_{j=1}^{m} aj \ \ Zj$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^{m} Z_j = 0$$

$$|Z_j| \le W_j \quad ; j=1,\ldots,m$$

APLICANDO EL MISMO PROCEDIMIENTO PARA F2(Y) ,O SEA CAMBIANDO SOLAMENTE LOS VALORES DE X POR Y ,Y LOS VALORES DE ai POR bi ,TENEMOS:

$$\text{MIN } F2 (Y) = \sum_{i=1}^{m} W_i \, | R_i + S_i |$$

s.a.

$$Y - R_i + S_i = b_i \quad ; i=1,\ldots,m$$

$$R_i \ge 0,\ S_i \ge 0,\ Y = \text{no restringida}$$

Y SU PROBLEMA DUAL SIMPLIFICADO QUEDA COMO:

$$\text{MAX } G2 = \sum_{j=1}^{m} b_j \; Z_j$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^{m} Z_j = 0$$

$$|Z_j| \le W_j \quad ; j=1,\ldots,m$$

ALGUNAS DE LAS PROPIEDADES DE UNA SOLUCION OPTIMA PARA LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO CON DISTANCIA RECTANGULAR SON:

a).- LA COORDENADA X DEL NUEVO SERVICIO PUEDE SER LA MISMA QUE LA COORDENADA X DE ALGUN CENTRO DE DEMANDA. SIMILARMENTE,LA COORDENADA Y DEL NUEVO SERVICIO PUEDE COINCIDIR CON LA COORDENADA Y DE ALGUN CENTRO DE DEMANDA. DESDE LUEGO,NO ES NECESARIO QUE AMBAS COORDENADAS ESTEN EN EL MISMO CENTRO DE DEMANDA.

b).- LA LOCALIZACION OPTIMA DE LA COORDENADA X (COORDENADA Y) PARA EL NUEVO SERVICIO,ES UNA LOCALIZACION MEDIA. DEFINIENDO A LA LOCALIZACION MEDIA COMO,UNA LOCALIZACION TAL QUE,NO MAS DE LA MITAD DEL NUMERO DE VIAJES ESTE A LA IZQUIERDA O ABAJO DE LA LOCALIZACION DEL NUEVO SERVICIO Y NO MAS DE LA MITAD DEL NUMERO DE VIAJES,ESTE A LA DERECHA O ARRIBA DEL NUEVO SERVICIO. O SEA,QUE LA MITAD DE LOS CENTROS DE DEMANDA ESTAN SITUADOS A LA IZQUIERDA (ABAJO) Y A LA DERECHA (ARRIBA) DEL PUNTO MEDIO.

CONSIDEREMOS EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No. 5

UNA TERMINAL DE AEROPUERTO ES ATENDIDA POR CUATRO AEROLINEAS. LAS CUALES DESCARGAN EL EQUIPAJE DE LOS AVIONES QUE ARRIVAN,EN DIFERENTES SITIOS COMO SE INDICA EN LA FIGURA.

```
                                                                    N
                                D=(5,5)                             |
                        _____________x_____________             ---|--->E
                        |                          |                |
        P=(1,4)         |                          x D=(8,3)
               ____x____|     EDIFICIO DE LA       |
              |               TERMINAL             |
              |                                    x U=(8,1)
   (0,0)      |____________________________________|
```

EL NUMERO DE VUELOS QUE LLEGAN POR DIA,DE CADA AEROLINEA SON: 36,22,28 y 18,RESPECTIVAMENTE. SE DESEA LOCALIZAR UN PUNTO DONDE LOS PASAJEROS DE CADA VUELO QUE LLEGA,RECOJAN SU EQUIPAJE. SE SUPONE QUE EL RECORRIDO QUE REALIZA EL PERSONAL DE LAS AEROLINEAS DESDE LOS PUNTOS DE DESCARGA DE LOS AVIONES,HASTA EL LUGAR DE RECOLECCION DEL EQUIPAJE POR LOS PASAJEROS,ES EN FORMA RECTANGULAR A TRAVES DEL EDIFICIO DE LA TERMINAL.

S O L U C I O N :

COORDENADAS DE LOCALIZACION :

SERVICIO : X = 5 Y = 4

MIN. F (X,Y) = 386

2.3 USO DE LA DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA

EN ALGUNOS OTROS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,EL COSTO NO ES UNA FUNCION LINEAL DE LA DISTANCIA,POR EJEMPLO: EL COSTO ASOCIADO CON LA RESPUESTA DE UN CAMION DE BOMBEROS A UN INCENDIO,ES ESPERADO QUE NO SEA LINEAL CON LA DISTANCIA.

DEPENDIENDO DEL PROBLEMA, $d(X,Pi)$ PUEDE TOMAR DIFERENTES FORMULACIONES. ASI TENEMOS QUE,TAMBIEN ES POSIBLE UTILIZAR EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA ENTRE X y Pi COMO MEDIDA DE LA MISMA.

SI (X,Y) SON LAS COORDENADAS DEL NUEVO SERVICIO Y (ai ,bi) SON LAS COORDENADAS DEL CENTRO DE SERVICIO i ,EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA ENTRE X y Pi QUEDA DEFINIDA POR:

$$d\ (\ X,Pi\ ) = [\ (\ X - ai\ )^2 + (\ Y - bi\ )^2\ ]$$

LAS RAZONES PARA ESTUDIAR ESTE PROBLEMA SON FUNDAMENTALMENTE DOS;LA PRIMERA CONSISTE EN LA EXISTENCIA DE PROBLEMAS DE LOCALIZACION EN LOS CUALES LOS COSTOS SE INCREMENTAN CUADRATICAMENTE,EN LUGAR DE LINEALMENTE. LA SEGUNDA,EL ESTUDIO DE LAS LEYES DE LOS PROBLEMAS CON EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA,TAMBIEN LLAMADOS PROBLEMAS DE IMPORTANCIA,QUE SON FUNDAMENTOS PARA LOS PROBLEMAS CON DISTANCIA EUCLIDIANA,QUE SERAN TRATADOS MAS ADELANTE.

EL PROBLEMA DE IMPORTANCIA PUEDE SER FORMULADO COMO:

$$\text{MIN } F(X,Y) = \sum_{i=1}^{m} W_i \left[(X - a_i)^2 + (Y - b_i)^2 \right]$$

ALGUN PUNTO (X , Y) QUE MINIMIZA,DEBE SATISFACER LAS CONDICIONES:

$$\frac{\partial f(X,Y)}{\partial X} = 0 \qquad\qquad \frac{\partial f(X,Y)}{\partial Y} = 0$$

COMO LA FUNCION MIN F(X,Y) ES CUADRATICA,ENTONCES LAS CONDICIONES SON NECESARIAS Y SUFICIENTES PARA UN MINIMO.

OBTENIENDO LAS DERIVADAS PARCIALES DE LA FUNCION MIN F (X,Y) CON RESPECTO A (X,Y) Y HACIENDOLAS IGUAL A CERO,SE OBTIENE LA SIGUIENTE SOLUCION UNICA:

$$X^* = \frac{\sum_{i=1}^{m} W_i a_i}{\sum_{i=1}^{m} W_i} \qquad\qquad Y^* = \frac{\sum_{i=1}^{m} W_i a_i}{\sum_{i=1}^{m} W_i}$$

LAS COORDENADAS DEL NUEVO SERVICIO PUEDEN SER INTERPRETADAS COMO VALORES (PESOS) PROMEDIOS DE LAS COORDENADAS (X,Y) DE LOS CENTROS DE DEMANDA Y SON EN EFECTO,LAS COORDENADAS QUE MINIMIZAN A LA FUNCION OBJETIVO. LAS SOLUCIONES SON LLAMADAS A VECES,SOLUCIONES DE CENTRO DE GRAVEDAD O DE IMPORTANCIA.

CONSIDEREMOS AHORA EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No. 6

UNA CIA. DESEA UTILIZAR UN PLAN DE DISTRIBUCION EN SU AREA DE CALEFACCION DE DEPARTAMENTOS. UN SISTEMA DE CALEFACCION EN CIERTA ZONA DE LA CIUDAD DEBE SER INSTALADO,EL CUAL CALENTARA A CUATRO EDIFICIOS. CONSIDERANDO EL COSTO DE INSTALACION Y LAS PERDIDAS DE CALOR,ES CONVENIENTE QUE EL COSTO DEL SISTEMA SEA PROPORCIONAL A EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDINA,ENTRE EL SERVICIO DE CALEFACCION Y CADA EDIFICIO.LA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD SON LOS BTU^S POR HORA REQUERIDOS EN CADA EDIFICIO. LOS EDIFICIOS QUE SERAN SERVIDOS POR EL SISTEMA DE CALEFACION,ESTAN LOCALIZADOS COMO SIGUE: P1=(18,5),P2=(13,9),P3=(23,11) Y P4=(7,11). LOS BTU'S/HORA REQUERIDOS SON: 12,000;5,000;4,000 Y 15,000;RESPECTIVAMENTE. ENCONTRAR LA LOCALIZACION DE MENOR COSTO PARA EL SERVICIO DE CALEFACCION CENTRAL.

S O L U C I O N :

COORDENADAS DE LOCALIZACION :

SERVICIO : X = 13.277 Y = 8.722

MIN. F (X,Y) = 1`502`444 BTU`S

2.4 USO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA

EN ESTA SECCION SE EFECTUA EL ANALISIS DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO,CON EL CRITERIO DE DISTANCIA EUCLIDINA.

CONSIDERE QUE LAS COORDENADAS PARA EL NUEVO SERVICIO SON (X,Y) MIENTRAS QUE LAS DEL CENTRO DE DEMANADA i SON (ai ,bi) i=1,...,m. ENTONCES:

$$d\,(X,Pi) = \left[(X - ai)^2 + (Y - bi)^2 \right]^{1/2}$$

LA DISTANCIA EUCLIDINA SE APLICA PARA ALGUNOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE REDES,CASOS COMPLEJOS DE COMUNICACION O TRANSPORTACION,VIAJES AEREOS,ALAMBRADO ELECTRICO,TENDIDO DE OLEODUCTOS,ETC.

EL PROBLEMA EUCLIDIANO PUEDE SER REPRESENTADO MATEMATICAMENTE POR:

$$\text{MIN } F(X,Y) = \sum_{i=1}^{m} Wi \left[(X - ai)^2 + (Y - bi)^2 \right]^{1/2}$$

LA APROXIMACION QUE INMEDIATAMENTE SE PIENSA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION CON DISTANCIA EUCLIDIANA,ES NUEVAMENTE CALCULAR LAS DERIVADAS PARCIALES DE LA ECUACION ANTERIOR Y HACERLAS IGUAL A CERO.

$$\frac{\partial f(X,Y)}{\partial X} = \sum_{i=1}^{m} \frac{W_i (X - a_i)}{[(X - a_i)^2 + (Y - b_i)^2]^{1/2}}$$

$$\frac{\partial f(X,Y)}{\partial Y} = \sum_{i=1}^{m} \frac{W_i (Y - b_i)}{[(X - a_i)^2 + (Y - b_i)^2]^{1/2}}$$

NOTESE QUE PARA ALGUN i ,EN DONDE $(X,Y) = (a_i, b_i)$ LAS DERIVADAS PARCIALES SON INDEFINIDAS.

DE LO ANTERIOR VEMOS QUE LA DIFICULTAD AUMENTA CUANDO LA LOCALIZACION PARA EL NUEVO SERVICIO COINCIDE CON LA LOCALIZACION DE ALGUN CENTRO DE DEMANDA. SI HUBIERA ALGUNA GARANTIA DE QUE LA LOCALIZACION OPTIMA DEL NUEVO SERVICIO NUNCA SERA IGUAL A LA LOCALIZACION DE ALGUN CENTRO DE DEMANDA,ENTONCES LAS ECUACIONES DE LAS DERIVADAS PARCIALES IGUALADAS A CERO,SERIAN DADAS COMO CONDICIONES NECESARIA Y SUFICIENTE PARA LA LOCALIZACION DE MENOR COSTO DEL NUEVO SERVICIO. SIN EMBARGO,COMO NO HAY MUCHA GARANTIA DE QUE ESTO SUCEDA,ES NECESARIO UTILIZAR OTRO METODO DE SOLUCION. UN PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO CON DISTANCIA EUCLIDIANA,ES EL LLAMADO "PROCEDIMIENTO DE APROXIMACION HIPERBOLICO" (P.A.H.),QUE CONSISTE EN HACER TOTALMENTE DEFINIDAS A LAS DERIVADAS PARCIALES,ADICIONANDOLES UN VALOR CONSTANTE,PEQUENO,POSITIVO e (EPZILON). COMO EL VALOR DE e (EPZILON) SE APROXIMA A CERO,LA

NUEVA FUNCION SE APROXIMARA A LA FUNCION ORIGINAL. LA PRESENTACION DEL METODO SE DA EN EL APENDICE.

HACIENDO LAS ECUACIONES DE LAS DERVADAS PARCIALES IGUAL A CERO Y ADICIONANDOLES EL VALOR DE e (EPZILON) TENEMOS:

$$X \sum_{i=1}^{m} \left[\frac{Wi}{[(X - ai)^2 + (Y - bi)^2 + e]^{1/2}} = \frac{Wi\ ai}{[(X - ai)^2 + (Y - bi)^2 + e]^{1/2}} \right]$$

SI HACEMOS QUE:

$$Gi\ (X,Y) = \frac{Wi}{[(X - ai)^2 + (Y - bi)^2 + e]^{1/2}}$$

$$i = 1,\ldots,m$$

ENTONCES LA ECUACION PARA LA VARIABLE X NOS QUEDA:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{m} ai\ Gi\ (X,Y)}{\sum_{i=1}^{m} Gi\ (X,Y)}$$

CON UN PROCEDIMIENTO SIMILAR,LA ECUACION PARA LA VARIABLE Y NOS QUEDA:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^{m} bi\ Gi\ (X,Y)}{\sum_{i=1}^{m} Gi\ (X,Y)}$$

TAN GRANDE COMO Gi(X,Y) ESTE DEFINIDA.

PARA OBTENER LOS VALORES DE (X,Y) PODEMOS EMPLEAR EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO ITERATIVO.

$$X^{k+1} = \frac{\sum_{i=1}^{m} ai\ Gi\ (X^{k}, Y^{k})}{\sum_{i=1}^{m} Gi\ (X^{k}, Y^{k})}$$

$$Y^{k+1} = \frac{\sum_{i=1}^{m} bi\ Gi\ (X^{k}, Y^{k})}{\sum_{i=1}^{m} Gi\ (X^{k}, Y^{k})}$$

EL INDICE SUPERIOR INDICA EL NUMERO DE ITERACION. ASI,UN VALOR INICIAL (X^{o} ,Y^{o}) ES REQUERIDO PARA DETERMINAR (X^{1} ,Y^{1}). EL VALOR DE (X^{1} ,Y^{1}) ES USADO PARA CALCULAR EL VALOR DE (X^{2} ,Y^{2})

Y ASI SUCESIVAMENTE. EL PROCEDIMIENTO ITERATIVO CONTINUA HASTA QUE NO OCURRE UN APRECIABLE MEJORAMIENTO EN LA ESTIMACION DE LA LOCALIZACION OPTIMA PARA EL NUEVO SERVICIO,O EN EL RESULTADO DE MIN. F(X,Y).

TIPICAMENTE,LA SOLUCION DE IMPORTANCIA ES USADA COMO VALOR INICIAL PARA EL PROCEDIMIENTO ITERATIVO. ENTONCES:

$$X^{o} = \frac{\sum_{i=1}^{m} W_i\, a_i}{\sum_{i=1}^{m} W_i} \qquad Y^{o} = \frac{\sum_{i=1}^{m} W_i\, b_i}{\sum_{i=1}^{m} W_i}$$

EN EL USO DE P.A.H. PARA RESOLVER PROBLEMAS DE LOCALIZACION,SE HA OBSERVADO QUE UN VALOR GRANDE DE e (EPZILON), CONVERGE RAPIDAMENTE AL OPTIMO DE LA FUNCION DE APROXIMACION. SIN EMBARGO,LA EXACTITUD DECRESE CON EL INCREMENTO EN LOS VALORES DE e (EPZILON).

CONSIDEREMOS EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No. 7

EL GOBIERNO CANADIENSE ESTA TRATANDO DE LOCALIZAR UN CAMPAMENTO DE RESCATE EN EL YUKON. UN CIERTO NUMERO DE PERROS SAN BERNARDO, ENTRENADOS POR EL EJERCITO, SERAN USADOS PARA RESCATAR EXCURSIONISTAS PERDIDOS EN EL POLO NORTE. BASADOS EN EXPERIENCIAS PASADAS, SE HA ANTICIPADO QUE LAS MISIONES DE RESCATE DEBERAN SER ENVIADAS A LOS PUNTOS Q1=(18,2), Q2=(4,0), Q3=(6,20) Y Q4=(12,18), CON UNA FRECUENCIA SEMANAL DE W1=6, W2=2, W3=7 Y W4=4. SE HAN ENTRENADO A LOS PERROS PARA VIAJAR A TRAVES DE RUTAS EN LINEA RECTA, EN LA REALIZACION DE LAS MISIONES DE RESCATE. DETERMINAR LA LOCALIZACION DEL CAMPAMENTO DE RESCATE QUE MINIMICE LA DISTANCIA VIAJADA POR LOS PERROS.

S O L U C I O N :

COORDENADAS DE LA SOLUCION DE ARRANQUE

X = 10.842

Y = 11.789

VALOR DE e = 0.0000001

LIM. DE DIF. = 0.01

COORDENADAS DE LOCALIZACION :

SERVICIO : X = 10.09 Y = 16.43

MIN. F (X,Y) = 181.67

C A P I T U L O III LOCALIZACION DE VARIOS SERVICIO

EN ESTE CAPITULO SE EXTIENDE EL ANALISIS DE LOCALIZACION DE SERVICIOS , AL CASO DE VARIOS NUEVOS SERVICIOS , CON RESPECTO A MULTIPLES CENTROS DE DEMANDA. EN ESTE SENTIDO,EL PROBLEMA DE LOCALIZACION, DE UN SOLO SERVICIO,PUEDE SER CONSIDERADO COMO UN CASO PARTICULAR DEL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS. COMO SE PUEDE ESPERAR,LA APLICACION DE LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS,OCURRE EN EL MISMO CONTEXTO QUE SE PRESENTO EN EL CAPITULO ANTERIOR,PERO CORRESPONDE A UN CASO GENERAL.

EL PRESENTE CAPITULO SE DESARROLLA COMO SIGUE: PRIMERAMENTE SE MUESTRA LA FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA Y SE ESTABLECEN ALGUNAS DEFINICIONES. EN LA SEGUNDA SECCION,SE ANALIZA EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS CON DISTANCIA RECTANGULAR , SE PRESENTAN ALGUNAS PROPIEDADES Y SE DESARROLLA UN EJEMPLO. EN LA TERCERA SECCION,SE ANALIZA EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS CON EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA,SE ESTABLECEN LAS PROPIEDADES FUNDAMENTALES PARA LA LOCALIZACION OPTIMA Y SE ILUSTRA EL PROCEDIMIENTO DE SOLUCION CON UN EJEMPLO. POR ULTIMO,EN LA CUARTA SECCION,SE ANALIZA EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS CON DISTANCIA EUCLIDINA Y SE ILUSTRA TAMBIEN CON UN EJEMPLO EL PRCEDIMIENTO DE SOLUCION.

3.1 FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS

EL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS SE PUEDE FORMULAR DE LA SIGUIENTE FORMA: SEAN m CENTROS DE DEMANDA LOCALIZADOS EN DISTINTOS PUNTOS CONOCIDOS $P1,...,Pm$. Y SEAN n NUEVOS SERVICIOS LOCALIZADOS EN LOS PUNTOS $X1,...,Xn$ EN EL PLANO. SEA $d(Xj,Pi)$ LA DISTANCIA ENTRE LA LOCALIZACION DEL NUEVO SERVICIO j Y EL CENTRO DE DEMANDA i . Y SEA $d(Xj,Xk)$ LA DISTANCIA ENTRE LA LOCALIZACION DE LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k . DEFINAMOS A Wji COMO EL COSTO POR UNIDAD DE TIEMPO,POR UNIDAD DE DISTANCIA,ENTRE EL NUEVO SERVICIO j Y EL CENTRO DE DEMANDA i . Y A Vjk COMO EL CORRESPONDIENTE COSTO POR UNIDAD DE TIEMPO,POR UNIDAD DE DISTANCIA,ENTRE LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k .

EL COSTO TOTAL DE TRANPORTE ASOCIADO CON LA LOCALIZACION DE LOS NUEVOS SERVICIOS EN $X1,...,Xn$ ESTA DADO POR:

$$F(X1,...,Xn) = \sum_{1<=j<k<=n} Vjk\ d(Xj,Xk) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Wji\ d(Xj,Pi)$$

DEFINIENDO APROPIADAMENTE A Vjk COMO LA INTERACCION ENTRE LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k ,SIENDO SOLAMENTE NECESARIO SUMAR SOBRE AQUELLOS VALORES DE j QUE SON MENORES QUE k Y SOBRE AQUELLOS VALORES DE k DE 2 A n . EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS,PUEDE SER ARREGLADO COMO LA

SELECCION DE LOCALIZACIONES $X1,\ldots,Xn$ DE LOS NUEVOS SERVICIOS,TAL QUE,EL COSTO TOTAL SEA MINIMIZADO. PORQUE n NUEVOS SERVICIOS DEBEN SER LOCALIAZDOS,DONDE n ES AL MENOS IGUAL A DOS.

NOTESE QUE EL COSTO Vjk ,ES PROPORCIONAL A LA DISTANCIA ENTRE LOS NUEVOS SERVICIOS,LO CUAL DISTINGUE AL PROBLEMA DE LOACALIZACION DE MULTISERVICIOS DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO. EN EFECTO,CUANDO TODOS LOS TERMINOS Vjk SON CERO,ENTONCES LA ECUACION DE COSTO TOTAL,PUEDE SER ESCRITA COMO:

$$F(X1,\ldots Xn) = \sum_{j=1}^{n} Fj (Xj) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Wji\ d(Xj,Pi)$$

QUE RESULTA SER UNA EXPRESION DE COSTO TOTAL DE UN SOLO SERVICIO. ENTONCES,LA LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO NO TIENE EFECTO SOBRE EL COSTO DE LOCALIZACION DE OTROS NUEVOS SERVICIOS. Y LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS,SE ENCUENTRA RESOLVIENDO n PROBLEMAS DE UN SOLO SERVICIO.

EN ESTE MOMENTO,ES CONVENIENTE ESTABLECER VARIAS DEFINICIONES. LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k SE DIRA QUE TENDRAN INTERCAMBIO CUANDO Vjk ES POSITIVO Y NO TENDRAN INTERCAMBIO,CUANDO Vjk ES CERO. ASI EN EL CASO,CUANDO LOS NUEVOS SERVICIOS NO TENGAN INTERCAMBIO,EL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS SE REDUCE A n

PROBLEMAS DE UN SOLO SERVICIO.

SUPONDREMOS DE MANERA GENERAL EN FORMA SUBSECUENTE, QUE CADA NUEVO SERVICIO j TIENE INTERCAMBIO CON AL MENOS UNO DE LOS OTROS NUEVOS SERVICIOS. Y QUE ADEMAS, EXISTE INTERCAMBIO ENTRE NUEVOS SERVICIOS Y LOS CENTROS DE DEMANDA.

3.2 USO DE LA DISTANCIA RECTANGULAR

PARA EL CASO DE DISTANCIAS RECTANGULARES EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS ESTA REPRESENTADO POR:

$$\text{MIN } F(X1,...,Xn) = \text{MIN } F1(X1,...,Xn) + \text{MIN } F2(Y1,...,Yn)$$

DONDE:

$$F1\ (X1,...,Xn) = \sum_{1\le j<k\le n} Vjk\ |Xj-Xk| + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} Wji\ |Xj - ai|$$

$$F2\ (Y1,...,Yn) = \sum_{1\le j<k\le n} Vjk\ |Yj-Yk| + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} Wji\ |Yj - bi|$$

LAS EXPRESIONES F1 Y F2 DAN EL COSTO TOTAL QUE SE INCURRE DEBIDO AL VIAJE EN LAS DIRECCIONES X , Y RESPECTIVAMENTE. AL IGUAL QUE EN EL CASO DE UN SOLO SERVICIO, LAS COORDENADAS OPTIMAS X DE LOS NUEVOS SERVICIOS, PUEDEN SER ENCONTRADAS

INDEPENDIENTEMENTE DE LAS COORDENADAS OPTIMAS Y .
ADEMAS, NUEVAMENTE ES EL CASO DE QUE F1 Y F2 TIENEN LA MISMA FORMA, Y ALGUN PROCEDIMIENTO DESARROLLADO PARA MINIMIZAR A F1, TAMBIEN PUEDE APLICARSE A F2, REEMPLAZANDO A Xj POR Yj Y ai POR bi.

EL PROCEDIMIENTO USADO PARA MINIMIZAR A F1 DEPENDE DE LA IDEA DE TRANSFORMARLO EN UN PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL EQUIVALENTE, DONDE ALGUNA SOLUCION OPTIMA, DARA LAS COORDENADAS OPTIMAS Xj DE LOS NUEVOS SERVICIOS.

ASI, EL MIN F1 ES EQUIVALENTE AL SIGUIENTE PROBLEMA:

$$MIN\ F = \sum_{1<=j<k<=n} Vjk \mid Pjk - Qjk \mid + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Wji \mid Rji - Sji \mid$$

$$Xj - Xk = Pjk - Qjk \quad ; \quad Pjk>=0 \ , \ Qjk>=0$$

$$Xj - ai = Rji - Sji \quad ; \quad Rji>=0 \ , \ Sji>=0$$

O BIEN EN TERMINOS DE PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL:

$$MIN\ F1 = \sum_{1<=j<k<=n} Vjk \ (Pjk + Qjk) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Wji \ (Rji + Sji)$$

s. a.

$$X_j - X_k - P_{jk} + Q_{jk} = 0$$

$$X_j - R_{ji} + S_{ji} = a_i$$

$P_{jk} \geq 0$, $Q_{jk} \geq 0$, $R_{ji} \geq 0$, $S_{ji} \geq 0$, $X_j = X_k =$ no restringida

ESTE PROBLEMA PUEDE SER RESUELTO POR ALGUNO DE LOS METODOS DE SOLUCION DE LA PROGRAMACION LINEAL.

EN OCACIONES,ES MAS CONVENIENTE RESOLVER EL PROBLEMA DUAL,ENTONCES EL PROBLEMA DUAL SIMPLIFICADO QUEDA:

$$\text{MAX } G1 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_i U_{ji}$$

s. a.

$$- \sum_{j=1}^{t-1} Z_{jt} \sum_{k=t+1}^{n} Z_{tk} \sum_{i=1}^{m} U_{ti} = 0 \qquad t=1,\ldots,n$$

$$| Z_{jk} | \leq V_{jk} \qquad 1 \leq j < k \leq n$$

$$| U_{ji} | \leq W_{ji} \qquad i=1,\ldots,m \quad j=1,\ldots,n$$

APLICANDO EL MISMO CRITERIO PARA F2 (Y1,...,Yn),TENEMOS:

$$\text{MIN } F2 = \sum_{1 \leq j < k \leq n} V_{jk} (P_{jk} + Q_{jk}) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji} (R_{ji} + S_{ji})$$

s. a.

$$Y_j - Y_j - P_{jk} + Q_{jk} = 0$$

$$Y_j \qquad -R_{ji} + S_{ji} = b_i$$

$P_{jk} \geq 0$, $Q_{jk} \geq 0$, $S_{ji} \geq 0$, $R_{ji} \geq 0$, $Y_j = Y_k$ = no restringida

SU CORRESPONDIENTE DUAL SIMPLIFICADO QUEDA:

$$\text{MAX } G2 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} b_i U_{ji}$$

s. a.

$$-\sum_{j=1}^{t-1} Z_{jt} + \sum_{k=t+1}^{n} Z_{tk} + \sum_{i=1}^{m} U_{ti} \qquad t=1,\ldots,n$$

$$|Z_{jk}| \leq V_{jk} \qquad 1 \leq j < k \leq n$$

$$|U_{ji}| \leq W_{ji} \qquad i=1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,n$$

CONSIDEREMOS AHORA ALGUNAS PROPIEDADES COMUNES DE UNA SOLUCION OPTIMA PARA LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS CON DISTANCIA RECTANGULAR.

a). UNA COORDENADA OPTIMA X DE CADA NUEVO SERVICIO PUEDE COINCIDIR CON UNA COORDENADA X DE ALGUN CENTRO DE DEMANDA. UNA COORDENADA OPTIMA Y DE CADA NUEVO SERVICIO PUEDE COINCIDIR CON ALGUNA COORDENADA Y DE ALGUN CENTRO DE DEMANDA.

b). CUANDO SE HA LOCALIZADO OPTIMAMENTE, CADA NUEVO SERVICIO ES LOCALIZADO EN UNA "LOCLIZACION MEDIA" CON RESPECTO A TODOS LOS

DEMAS SERVICIOS Y CENTROS DE DEMANDA.

c). SI CADA NUEVO SERVICIO ES LOCALIZADO EN UNA "LOCALIZACION MEDIA" CON RESPECTO A LOS DEMAS SERVICIOS Y CENTROS DE DEMANDA Y NINGUNO DE LOS NUEVOS SERVICIOS TIENEN LA MISMA LOCALIZACION PARA UNA U OTRA DE SUS COORDENADA,ENTONCES LA SOLUCION OPTIMA HA SIDO ENCONTRADA.

A MANERA DE ILUSTRAR LA APROXIMACION QUE PUEDE HACERSE PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS CON DISTANCIA RECTANGULAR,CONSIDERAR EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No. 8

UNA PEQUENA INDUSTRIA TIENE TRES MAQUINAS LOCALIZADAS EN LOS PUNTOS P1=(8,20), P2=(10,10), P3=(16,3), P4(30,10),P5(40,20). DOS NUEVAS MAQUINAS DEBEN SER LOCALIZADAS. EL NUMERO DE VIAJES POR DIA ENTRE CADA NUEVA MAQUINA Y CADA MAQUINA EXISTENTE SON:

$$V12 = 3 \qquad Wji = \begin{bmatrix} 8 & 6 & 5 & 4 & 3 \\ 2 & 3 & 4 & 6 & 7 \end{bmatrix}$$

DETERMINAR LA LOCALIZACION OPTIMA PARA LAS NUEVAS MAQUINAS,SUPONIENDO QUE EL MOVIMIENTO DE ARTICULOS ES EN BASE A LA DISTANCIA RECTANGULAR.

S O L U C I O N :

COORDENADAS DE LOCALIZACION :

SERVICIO 1 : X1 = 16 Y1 = 10

SERVICIO 2 : X2 = 30 Y2 = 10

MIN. F (X1,Y1,X2,Y2) = 263

3.3 USO DE LA DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA

CONSIDEREMOS AHORA LA EXTENCION A MULTISERVICIOS DE LOS PROBLEMAS QUE UTILIZAN EL CUADRADO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA.

SUPONER QUE VARIOS NUEVOS SERVICIOS SERAN LOCALIZADOS EN LOS PUNTOS $(X_1,Y_1),\ldots,(X_n,Y_n)$,QUE EXISTEN CENTROS DE DEMANDA QUE ESTAN LOCALIZADOS EN LOS PUNTOS $(a_1,b_1),\ldots,(a_m,b_m)$,EL PROBLEMA DE LOCALIZACION CON DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA, CONSISTE EN ENCONTRAR LA UBICACION GEOGRAFICA DE LOS NUEVOS SERVICIOS,QUE MINIMICE LA SIGUIENTE EXPRESION DE COSTO TOTAL.

$$F\,(X_1,Y_1),\ldots,(X_n,Y_n) = \sum_{1\le j<k\le n} V_{jk}\left[(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2\right] +$$

$$+ \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} W_{ji}\left[(X_j - a_i)^2 + (Y_j - b_i)^2\right]$$

EL METODO DE SOLUCION PARA ENCONTRAR LA LOCALIZACION DE LOS NUEVOS SERVICIOS,QUE MINIMICE A LA EXPRESION ANTERIOR,ES EL MISMO DEL PROBLEMA DE UN SOLO SERVICIO;O SEA,OBTENER LAS DERIVADAS PARCIALES CON RESPECTO A CADA UÑA DE LAS VARIABLES E IGUALARLAS A CERO. EL RESULTADO QUE SE OBTIENE SON DOS CONJUNTOS DE ECUACIONES LINEALES.

PARA CALCULAR LAS DERIVADAS PARCIALES,ES CONVENIENTE DEFINIR LO

SIGUIENTE:

$$\hat{V}_{jk} = \begin{cases} V_{jk} , & k>j \\ V_{kj} , & k<=j \end{cases}$$

OBTENIENDO LA DERIVADA PARCIAL DE LA FUNCION DE COSTO TOTAL,CON RESPECTO A X_j PARA $j=1,...,n$

$$\frac{\partial F}{\partial X_j} = 2 \sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} (X_j - X_k) + 2 \sum_{i=1}^{m} W_{ji} (X_j - a_i)$$

HACIENDO LA DERIVADA PARCIAL IGUAL A CERO,DIVIDIENDOLA POR DOS Y AGRUPANDO TERMINOS PARA $j=1,...,n$ TENEMOS:

$$X_j \left[\sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} + \sum_{i=1}^{m} W_{ji} \right] - \sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} X_k = \sum_{i=1}^{m} W_{ji} a_i$$

LO QUE REPRESENTA UN SISTEMA DE n ECUACIONES LINEALES CON n VARIABLES. CUANDO EL SISTEMA ES RESUELTO,SE OBTIENEN LAS COORDENADAS X DE MENOR COSTO DE LOS NUEVOS SERVICIOS.

LA ECUACIÒN ANTERIOR PUEDE SER RESUELTA PARA X_j ,OBTENIENDO:

$$X_j = \frac{\sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} X_k + \sum_{i=1}^{m} W_{ji} a_i}{\sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} \quad \sum_{i=1}^{m} W_{ji}}$$

DE LA ECUACION ANTERIOR PARA X_j SE PUEDE VER QUE ,UNA CONDICION NECESARIA Y SUFICIENTE PARA LA LOCALIZACION OPTIMA DEL NUEVO SERVICIO j ,ES QUE ESTA SE ENCUENTRA EN LA POSICION DE PESO PROMEDIO O LOCALIZACION DE CENTRO DE GRAVEDAD,CON RESPECTO A TODOS LOS DEMAS SERVICIOS Y CENTROS DE DEMANDA.

AHORA,PARA ENCONTRAR LA COORDENADA Y DE MENOR COSTO DE LOS NUEVOS SERVICIOS,SE PROCEDE EN LA MISMA FORMA QUE PARA LA COORDENADA X . OBTENIENDO LA DERIVADA PARCIAL DE LA FUNCION DE COSTO TOTAL CON RESPECTO A Y_j ,HACIENDOLA IGUAL A CERO,DIVIDIENDOLA POR DOS Y AGRUPANDO TERMINOS PARA $j=1,...,n$. SE OBTIENE EL SIGUIENTE SISTEMA DE ECUACIONES LINEALES.

$$Y_j \left[\sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} + \sum_{i=1}^{m} W_{ji} \right] - \sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{jk} Y_k = \sum_{i=1}^{m} W_{ji} \; b_i$$

PUESTO QUE,LOS COEFICIENTES DE LAS VARIABLES EN AMBOS SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES,SON LOS MISMOS,LOS VALORES DE LAS MATRICES X Y Y ,SERAN DETERMINADAS CUANDO $A\,X = a$ Y $A\,Y = b$,CON A

UNA MATRIZ DE $n \times n$; X , Y , a , b ,SON VECTORES COLUMNA DE $n \times 1$;DEFINIDOS COMO:

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix} \qquad Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{bmatrix} \qquad a = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{m} W_{1i}\, a_i \\ \sum_{i=1}^{m} W_{2i}\, a_i \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^{m} W_{ni}\, a_i \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{m} W_{1i}\, b_i \\ \sum_{i=1}^{m} W_{2i}\, b_i \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^{m} W_{ni}\, b_i \end{bmatrix} \qquad A = \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{1k} + \sum_{i=1}^{m} W_{1i} & & - \hat{V}_{12} \; \cdots & - \hat{V}_{1n} \\ - \hat{V}_{21} & \sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{2k} + & \sum_{i=1}^{m} W_{2i} \cdots & - \hat{V}_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ - \hat{V}_{n1} & - \hat{V}_{n2} \; \cdots & \sum_{k=1}^{n} \hat{V}_{nk} + & \sum_{i=1}^{m} W_{nm} \end{bmatrix}$$

PARA ILUSTRAR EL PROCEDIMIENTO DE SOLUCION,CONSIDERAR EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No. 9

LA CIA. C.B.C. HA DECIDIDO TRANSMITIR SUS PROGRAMAS DE RADIO Y TELEVISION DESDE SUS ESTUDIOS CENTRALES,CON EL USO DEL RAYO LASER. LOS RAYOS SON UNIDIRECCIONALES Y EL PODER DE TRANSMISION VARIA CON EL CUADRADO DE LA DISTANCIA DE TRANSMISION. LA CIA. TIENE CUATRO ESTUDIOS CENTRALES LOCALIZADOS EN LOS ANGELES,CHICAGO,HOUSTON Y NEW YORK. SIN EMBARGO,DEBIDO A LA CURVATURA DE LA TIERRA (UN RAYO LASER VIAJA SOLAMENTE EN LINEA RECTA),NO ES POSIBLE CONSTRUIR TORRES SUFICIENTEMENTE GRANDES,PARA QUE LOS ANGELES SEA "VISIBLE" DESDE NEW YORK. ASI LA CIA. HA DECIDIDO INSTALAR DOS ESTACIONES DE RETRANSMISION. LA PRIMERA EN UNA POSICION TAL,PARA COMUNICARSE CON LOS ANGELES,CHICAGO,NEW YORK Y LA SEGUNDA ESTACION. LA SEGUNDA ESTACION,COMUNICARA A TODAS,EXCEPTO A LOS ANGELES. LAS CARGAS DE TRANSMISION DE CADA ESTACION SON IGUALES DEBIDO A SUS CARACTERISTICAS DE LOCALIZACION. TODO EL ESPACIO DE PROGRAMACION SE ORIGINA EN HOUSTON,LAS NOTICIAS FINANCIERAS Y CULTURALES LLEGAN DE LOS ANGELES Y NEW YORK. LAS NOTICIAS POLICIACAS SON ORIGINADAS EN CHICAGO. LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION DE LOS ESTUDIOS EXISTENTES SON: $P1=(1,2)$, $P2=(2,0)$, $P3=(3,3)$, $P4=(4,2)$. LOS OTROS DATOS SON:

$$V12 = 8 \qquad W = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 4 \end{bmatrix}$$

DETERMINAR LA LOCALIZACION OPTIMA PARA LAS ESTACIONES DE RETRANSMISION.

S O L U C I O N :

COORDENADAS DE LOCALIZACION :

EST. DE RETRANSMISION No.1 : $X1 = 2.25$ $Y1 = 1.75$

EST. DE RETRANSMISION No.2 : $X2 = 2.75$ $Y2 = 1.75$

MIN. $F (X1,Y1,X2,Y2) = 36$

3.4 USO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA

EL TRATAMIENTO PREVIO DE LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION CON DISTANCIA RECTANGULAR Y CUADRADO DE LA EUCLIDIANA,SE ENCONTRO QUE LOS PROBLEMAS DE MULTISERVICIOS NO SON SUBSTANCIALMENTE MAS DIFICILES DE RESOLVER, QUE LAS VERSIONES DE UN SOLO SERVICIO. TAL NO ES EL CASO PARA LOS PROBLEMAS DE DISTANCIA EUCLIDIANA. LA MAYOR DIFICULTAD ES CAUSADA PORQUE LAS DERIVADAS PARCIALES NO SON GENERALMENTE DEFINIDAS. SI BIEN,UNA DIFICULTAD SIMILAR OCURRIO CON LOS PROBLEMAS DE DISTANCIA EUCLIDIANA DE UN SOLO SERVICIO,LAS DIFICULTADES SON MUCHO MAS SEVERAS PARA LOS PROBLEMAS DE MULTISERVICIOS,YA QUE,TIENEN MUCHO MAS VARIABLES INVOLUCRADAS.

SEAN d (Xj,Pi) LA DISTANCIA ENTRE LA LOCALIZACION DEL NUEVO SERVICIO j Y EL CENTRO DE DEMANDA i Y d (Xj,Xk) LA DISTANCIA ENTRE LA LOCALIZACION DE LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k. ENTONCES,LA DISTANCIA EUCLIDIANA PARA AMBOS CASOS QUEDA REPRESENTADA POR:

$$d\,(\,X_j,\,P_i) = [\,(X_j - a_i)^2 + (Y_j - b_i)^2\,]^{1/2}$$

$$d\,(\,X_j,X_k\,) = [\,(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2\,]^{1/2}$$

EL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS EUCLIDIANO ES FORMULADO COMO SIGUE:

$$\text{MIN } F(X_1,\dots,X_n) = \sum_{1\le j<k\le n} V_{jk}\left[(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2 \right]^{1/2} +$$

$$+ \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji}\left[(X_j - a_i)^2 + (Y_j - b_i)^2 \right]^{1/2}$$

LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA LOCALIZACION OPTIMA DE LOS NUEVOS SERVICIOS,ES QUE LAS DERIVADAS PARCIALES DE $F(X_1,\dots,X_n)$ CON RESPECTO A $X_1,\dots,X_n$,SEAN CERO O CAMBIEN DE SIGNO,EN LA LOCALIZACION OPTIMA.

OBTENIENDO LAS DERIVADAS PARCIALES DE $F(X_1,\dots,X_n)$ CON RESPECTO A X_j Y Y_j ,RESPECTIVAMENTE,TENEMOS:

$$\frac{\partial F}{\partial X_j} = \sum_{\substack{k=1\\ k\neq j}}^{n} \frac{V_{jk}(X_j - X_k)}{D_{jk}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{W_{ji}(X_j - a_i)}{E_{ji}} \qquad j=1,\dots,n$$

$$\frac{\partial F}{\partial Y_j} = \sum_{\substack{k=1\\ k\neq j}}^{n} \frac{V_{jk}(Y_j - Y_k)}{D_{jk}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{W_{ji}(Y_j - b_i)}{E_{ji}} \qquad j=1,\dots,n$$

CON:

$$D_{jk} = [(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2]^{1/2}$$

$$E_{ji} = [(X_j - a_i)^2 + (Y_j - b_i)^2]^{1/2}$$

CUANDO LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k TIENEN LA MISMA LOCALIZACION ($D_{jk} = 0$) ; O EL NUEVO SERVICIO j Y EL CENTRO DE SERVICIO i TIENEN LA MISMA LOCALIZACION ($E_{ji} = 0$),AMBAS DERIVADAS PARCIALES SON INDEFINIDAS.

COMO SE VIO EN LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO CON DISTANCIA EUCLIDIANA. POR LA INTRODUCCION DE UN VALOR CONSTANTE PEQUENO Y POSITIVO LLAMADO e (EPZILON),LAS DERIVADAS PARCIALES QUEDAN COMPLETAMENTE DEFINIDAS. COMO EL VALOR DE e (EPZILON) SE APROXIMA A CERO, LA NUEVA FUNCION SE APROXIMARA A LA FUNCION ORIGINAL.

ENTONCES:

$$\hat{D}_{jk} = [(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2 + e]^{1/2}$$

$$\hat{E}_{ji} = [(X_j - a_i)^2 + (Y_j - b_i)^2 + e]^{1/2}$$

HACIENDO LAS DERIVADAS PARCIALES IGUAL A CERO,SUSTITUYENDO A D_{jk} POR $\hat{D}_{jk}$ Y A E_{ji} POR $\hat{E}_{ji}$, Y RESOLVIENDO PARA X_j Y Y_j TENEMOS:

$$X_j^{h+1} = \frac{\displaystyle\sum_{\substack{k=1\\ j}}^{n} \frac{V_{jk}\,(X_k)^{h}}{\hat{D}_{jk}^{\,h}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{W_{ji}\ a_i}{\hat{E}_{ji}^{\,h}}}{\displaystyle\sum_{\substack{k=1\\ j}}^{n} \frac{V_{jk}}{\hat{D}_{jk}^{\,h}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{W_{ji}}{\hat{E}_{ji}^{\,h}}}$$

$j = 1,\ldots,n$

$$Y_j^{h+1} = \frac{\displaystyle\sum_{\substack{k=1\\ j}}^{n} \frac{V_{jk}\,(Y_k)^{h}}{\hat{D}_{jk}^{\,h}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{W_{ji}\ b_i}{\hat{E}_{ji}^{\,h}}}{\displaystyle\sum_{\substack{k=1\\ j}}^{n} \frac{V_{jk}}{\hat{D}_{jk}^{\,h}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{W_{ji}}{\hat{E}_{jk}^{\,h}}}$$

DONDE EL INDICE SUPERIOR (h) INDICAN EL NUMERO DE ITERACION.

EN EL USO DEL P.A.H. PARA RESOLVER PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS,SE HA OBSERVADO QUE UN VALOR GRANDE DE e (EPZILON) CONVERGE RAPIDAMENTE AL VALOR DE DE LA FUNCION DE APROXIMACION. SIN EMBARGO,LA EXACTITUD DE LA APROXIMACION DECRESE CON EL INCREMENTO EN LOS VALORES DE e (EPZILON). CONSECUENTEMENTE,EN LA

SOLUCION DE LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION USANDO P.A.H.,UN VALOR GRANDE DE e (EPZILON) ES USADO INICIALMENTE Y LA SOLUCION QUE SE OBTIENE,ES USADA COMO SOLUCION DE ARRANQUE,UTILIZANDO UN VALOR MAS PEQUENO DE e (EPZILON), HASTA OBTENER DECREMENTOS INSIGNIFICANTES EN LOS VALORES DE (X_j,Y_j) O EN EL VALOR DE NIM F (X_1,...,X_n). TAMBIEN ES RECOMENDABLE UTILIZAR LA SOLUCION DE IMPORTANCIA COMO VALOR INICIAL PARA EL PROCEDIMIENTO ITERATIVO.

PARA ILUSTRAR EL PROCEDIMIENTO DE SOLUCION CONSIDERAR EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No. 10

CONSIDERAR LA LOCALIZACION DE TRES SERVICIOS, CON RESPECTO A CINCO CENTROS DE DEMANDA. LOS DATOS DEL PROBLEMA SON:

$$V12 = 0 \qquad V13 = 2 \qquad V23 = 1 \qquad W = \begin{bmatrix} 6 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 3 & 4 \\ 0 & 5 & 2 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

P1 = (0,0) P2 = (2,8) P3 = (5,4) P4 = (7,6) P5 = (8,2)

DETERMINAR LA LOCALIZACION OPTIMA PARA LOS NUEVOS SERVICIOS, SUPONIENDO QUE LA DISTANCIA DE VIAJE ES RECTILINEA.

S O L U C I O N :

COORDENADAS DE LA SOLUCION DE ARRANQUE :

SERVICIO 1 : X1 = 1.794 Y1 = 2.373
SERVICIO 2 : X2 = 6.874 Y2 = 3.894
SERVICIO 3 : X3 = 3.872 Y3 = 5.053
VALOR DE e = 0.0000001
LIM. DE DIF. = 0.01

COORDENADAS DE LOCALIZACION FINAL :

SERVICIO 1 : X1 = 0.034 Y1 = 0.04

SERVICIO 2 : X2 = 7.04 Y2 = 3.68

SERVICIO 3 : X3 = 4.26 Y3 = 4.6

MIN. F (X1,Y1,X2,Y2) = 84.77

C A P I T U L O IV. LOCALIZACION - DISTRIBUCION

LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE SERVICIOS ANALIZADOS ANTERIORMENTE SUPONEN QUE EL MOVIMIENTO DE DEMANDA ES CONSTANTE,Y NO DEPENDE DE LA LOCALIZACION DE LOS SERVICIOS. ESTO SUCEDE CUANDO CADA SERVICIO,DE UNA U OTRA FORMA,ES UNICO;TAL COMO PASA CON DIFERENTES MAQUINAS EN UNA FABRICA,EN DONDE CADA UNA DE ELLAS,REALIZA UNA ETAPA SEPARADA DEL PROCESO PRODUCTIVO. EN ESTE CAPITULO, SE ANALIZA CIERTA CLASE DE PROBLEMAS DENOMINADOS DE LOCALIZACION--DISTRIBUCION , EN LOS CUALES EL MOVIMIENTO DE DEMANDA DEPENDE DE LA LOCALIZACION DE LOS SERVICIOS. ESTO OCURRE CUANDO DOS O MAS SERVICIOS DESARROLLAN LA MISMA FUNCION ECONOMICA.

EL PRESENTE CAPITULO SE DESARROLLA COMO SIGUE: EN LA PRIMERA SECCION,SE HACE UNA DESCRIPCION GENERAL DEL PROBLEMA,SE PRESENTA UN EJEMPLO PARA UNA MEJOR COMPRENSION DEL MISMO Y SE ESTABLECE LA COMPARACION CON EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS ANALIZADO EN LOS ANTERIORES CAPITULOS. EN LA SEGUNDA SECCION,SE DEFINEN LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION. EN LA TERCERA SECCION,SE PRESENTA LA FORMULACION DEL MODELO CON LAS MEDIDAS FUNDAMENTALES DE DISTANCIA QUE SE HAN VENIDO ESTUDIANDO Y SE ESTABLECEN LOS SUPUESTOS BASICOS DEL PROBLEMA. POR ULTIMO,EN LA CUARTA SECCION SE PRESENTA UN METODO DE SOLUCION Y SE DA UN EJEMPLO DE APLICACION.

4.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

EN ALGUNOS CASOS,EL PROBLEMA DE LOCALIZACION ES MAS COMPLEJO QUE LA SOLA UBICACION GEOGRAFICA DE UNA O MAS FUENTES DE SERVICIO,PARA ATENDER A UN CIERTO NUMEROS DE PUNTOS O CENTRO DE DEMANDA,POR LO CUAL,SE REQUIERE LA CONSIDERACION DE DATOS TALES COMO: LOCALIZACION DE CADA CLIENTE O CENTRO DE DEMANDA,EL VOLUMEN DE LA DEMANDA DE CADA CLIENTE O CENTRO DE DEMANDA,LIMITACIONES EN LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE SERVICIO,COSTOS DE TRANSPORTE,MEDIOS DE TRANSPORTE,ETC. LO QUE SE DESEA DETERMINAR EN ESTE TIPO DE PROBLEMAS,ADEMAS DEL NUMERO DE FUENTES DE SERVICIO Y SU LOCALIZACION,ES LA DISTRIBUCION O ASIGNACION DE CLIENTES O CENTROS DE DEMANDA A LAS FUENTES DE SERVICIO Y LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE SERVICIO.

BAJO ESTAS CONSIDERACIONES,EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION PUEDE SER INDICADO COMO SIGUE: DADA LA LOCALIZACION DE CADA PUNTO O CENTRO DE DEMANDA,LA DEMANDA DE CADA UNO DE ELLOS,LAS RESTRICCIONES EN LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE SERVICIO Y LOS COSTOS DE TRANSPORTE DE LA REGION DE INTERES. DETERMINAR,EL NUMERO DE FUENTES DE SERVICIO,LA LOCALIZACION DE CADA UNA DE ELLAS,LA CAPACIDAD DE LAS MISMAS Y LA DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS O CENTROS DE DEMANDA A LAS DIFERENTES FUENTES DE SERVICIO,EN TAL FORMA,QUE SE MINIMICE LA SUMA TOTAL DE LAS DISTANCIAS,DESDE LOS CLIENTES O CENTROS DE DEMANDA HASTA SUS RESPECTIVAS FUENTES DE SERVICIO.

EJEMPLO 11. (LOCALIZACION DE SUCURSALES BANCARIAS)

UN CASO TIPICO ,ES LA LOCALIZACION EN CIERTA CIUDAD DE VARIAS SUCURSALES BANCARIAS,LAS QUE GENERALMENTE OFRECEN EL MISMO SERVICIO. EN ESTE EJEMPLO, LA CAPACIDAD DEL SERVICIO,EL ORIGEN DE LA DEMANDA Y EL VOLUMEN DE LA MISMA,DEPENDERAN DIRECTAMENTE DE LA LOCALIZACION DE CADA SUCURSAL BANCARIA Y DEL NUMERO DE ESTAS.

EL PROBLEMA PARECE SER MUY SIMILAR A LOS ANTERIORMENTE ANALIZADOS,SIN EMBARGO,EN ESTE EVENTO,EXISTEN DOS PROBLEMAS MUTUAMENTE RELACIONADOS "LA LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LOS SERVICIOS Y LA DISTRIBUCION DE LA DEMANDA ENTRE ELLOS". AL IGUAL QUE LAS SUCURSALES BANCARIAS,LOS NUEVOS SERVICIOS PUEDEN SER: CLINICAS DE SALUD,OFICINAS RECAUDADORAS DE GOBIERNO,PUESTOS DE VACUNACION PARA LAS CAMPANAS DE SALUD PUBLICA,ETC.

4.2 COMPONENTES DEL PROBLEMA

AUN CUANDO EN EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION EXISTEN DOS PROBLEMAS MUTUAMENTE RELACIONADOS,LOS SEIS COMPONENTES FUNDAMENTALES DE UN PROBLEMA DE LOCALIZACION,SIGUEN ESTANDO PRESENTES. LA UNICA CONSIDERACION ADICIONAL,ES LA NECESIDAD DE DISTRIBUIR LOS CENTRO DE DEMANDA ENTRE LAS DIFERENTES FUENTES DE SERVICIO.

4.3 FORMULACION GENERAL DEL MODELO

LA FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION PUEDE ESTABLECERSE COMO SIGUE: EXISTEN m CENTROS DE DEMANDA LOCALIZADOS EN LOS PUNTOS $P1,...,Pm$; TAL QUE, $Pi=(ai,bi)$. SEAN n NUEVAS FUENTES DE SERVICIO LOCALIZADAS EN LOS PUNTOS $X1,...,Xn$;TAL QUE, $Xj=(x\ ,y\ )$. SEA $D(Xj,Pi)$ LA DISTANCIA ENTRE LA LOCALIZACION DEL NUEVO SERVICIO j Y EL CENTRO DE DEMANDA i . DEFINIR A Wji COMO UN COSTO DE FLUJO O DEMANDA,SI EL NUEVO SERVICIO j INTERACTUA CON EL CENTRO DE DEMANDA i . TAMBIEN DEFINIR A $Zji=1$ SI EL NUEVO SERVICIO j INTERACTUA CON EL CENTRO DE DEMANDA i ,DE OTRA FORMA $Zji=0$.

ENTONCES EL COSTO TOTAL DE TRANSPORTE ASOCIADO CON LA LOCALIZACION DE LOS NUEVOS SERVICIOS Y LA DISTRIBUCION DE LOS CENTROS DE DEMANDA QUEDA:

$$F(X1,...,Xn) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Zji \quad Wji \quad D(Xj,Pi)$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^{n} Zji = 1 \qquad ; \quad i=1,2,...,m$$

$$Zji = 0,1 \qquad \begin{matrix} i=1,2,...,m \\ j=1,2,...,n \end{matrix}$$

EN DONDE LAS VARIABLES DE DECISION SON: n, Z_{ji}, X_j, Y_j. LA RESTRICCION ASEGURA QUE CADA CENTRO DE DEMANDA INTERACTUA SOLAMENTE CON UN NUEVO SERVICIO. COMO NO EXISTEN RESTRICCIONES DE CAPACIDAD Y SE SUPONE QUE LOS COSTOS DE TRANSPORTE SON CONSTANTES,UN NUEVO SERVICIO PUEDE INTERACTUAR CON TODOS LOS CENTROS DE DEMANDA. ADEMAS,SE SUPONE QUE $W_{1i} = W_{2i} =,...,= W_{ni}$; YA QUE,IDENTICOS NUEVOS SERVICIOS SERAN LOCALIZADOS. ADICIONALMENTE,SE PUEDEN CONSIDERAR RESTRICCIONES DEBIDO A LAS DEMANDAS DE LOS CLIENTES Y A LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE SERVICIO.

USO DE LA DISTANCIA RECTANGULAR

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS CON DISTANCIA RECTANGULAR TAMBIEN PUEDE SER RESUELTO POR EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACION HIPERBOLICA,DEFINIENDO LA SIGUIENTE FUNCION DE APROXIMACION COMO:

$$D(X_j,P_i) = [(X_j - a_i)^2 + e]^{1/2} + [(Y_j - b_i)^2 + e]^{1/2}$$

LA VENTAJA DE UTILIZAR ESTE METODO EN LUGAR DE LA FORMULACION DE PROGRAMACION LINEAL,ES DEBIDO AL NUMERO DE VARIABLES Y RESTRICCIONES QUE SE TIENEN QUE MANEJAR.

EN LA APROXIMACION POR PROGRAMACION LINEAL SE REQUIERE UTILIZAR,UNA RESTRICCION DE IGUALDAD Y DOS NUEVAS VARIABLES,PARA CADA TERMINO DE VALOR ABSOLUTO QUE SE DEBA PLANTEAR. ESTO

SIGNIFICA QUE LA APROXIMACION POR PROGRAMACION LINEAL PODRA TENER $4mn + 2n^2$ VARIABLES Y $n(2n + n-1)$ RESTRICCIONES. EN CONTRASTE CON LA FORMULACION NO LINEAL DEL P.A.H.,EL CUAL PODRA TENER SOLAMENTE 2n VARIABLES Y NINGUNA RESTRICCION.

VISTO LO ANTERIOR,EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION CON DISTANCIA RECTANGULAR,SE PUEDE FORMULAR COMO:

$$\text{MIN. } F(X1,\ldots,Xn) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Zji\ Wji\ [(Xj-ai)^2 + e]^{1/2} + [(Yi-bi)^2 + e]^{1/2}$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^{n} Zji = 1 \quad ; i=1,\ldots,m$$

$$Zji=0,1 \quad j=1,\ldots,n \quad i=1,\ldots,m$$

USO DE LA DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION CON DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA NO REQUIERE CONSIDERACIONES ADICIONALES,SINO SOLO SUBSTITUIR LA FUNCION DE DISTANCIA CORRESPONDIENTE,EN LA ECUACION GENERAL DEL MODELO DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION. DE DONDE,TENDREMOS:

$$\text{MIN. } F(X1,\ldots,Xn) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Zji\ Wji\ [\ (Xj-ai)^2 + (Yj-bi)^2\ ]$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^{n} Zji = 1 \quad ; \ i=1,...,m$$

$$Zji=0,1 \qquad j=1,...,n \quad i=1,...,m$$

USO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA

DE IGUAL FORMA QUE EN EL APARTADO ANTERIOR,EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION CON DISTANCIA EUCLIDIANA,SE PUEDE PLANTEAR COMO:

$$MIN. \ F(X1,...,Xn) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Zji \ Wji \ \left[(Xj-ai)^2 + (Yj-bi)^2 + e \right]^{1/2}$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^{n} Zji = 1 \quad ; \ i=1,...,m$$

$$Zji=0,1 \qquad j=1,...,n \quad i=1,...,m$$

4.4 METODOS DE SOLUCION

LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION SE PUEDEN OBTENER POR PROCEDIMIENTOS EXACTOS Y/O APROXIMADOS.

EL PROCEDIMIENTO EXACTO DE SOLUCION,CONSISTE EN ENCONTRAR EL CONJUNTO DE (Xj,Yj),QUE MINIMICE A LA FUNCION F ,PARA LO CUAL,SE DEBERA DIFERENCIAR A "F" CON RESPECTO A Xj , Yj Y RESOLVER LAS ECUACIONES RESULTANTES,DESPUES DE HACER LAS DERIVADAS PARCIALES IGUAL A CERO.

ENTONCES:

$$\sum_{j=1}^{n} Z_{ji} \left[\partial F (X_j,Y_j)/ \partial X_j \right] = 0 \qquad i=1,\ldots,m$$

$$\sum_{j=1}^{n} Z_{ji} \left[\partial F (X_j,Y_j)/ \partial Y_j \right] = 0 \qquad i=1,\ldots,m$$

RESOLVIENDO LAS $2m$ ECUACIONES ANTERIORES,DANDOLES $2m$ VALORES DE (X_j,Y_j) HARAN QUE "F" SEA UN MINIMO,PARA ALGUN PARTICULAR CONJUNTO DE Z_{ji}.

EL USO DE LAS ECUACIONES EXACTAS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION,ESTA LIMITADO A PROBLEMAS RELATIVAMENTE PEQUENOS,POR LA GRAN CANTIDAD DE TIEMPO DE CALCULO QUE SE NECESITA.

PARA n FUENTES DE SERVICIO Y m CENTROS DE DEMANDA,HABRA $S(n,m)$ POSIBLES ASIGNACIONES DE m CENTROS DE DEMANDA A n FUENTES DE SERVICIO,DONDE $S(n,m)$ ES EL NUMERO DE STERLING DE SEGUNDO ORDEN Y ESTA DADO POR :

$$S(n,m) = \sum_{k=0}^{n} \frac{(-1)^k (n-k)^m}{k!\,(n-k)!}$$

PARA GRANDES PROBLEMAS,EL NUMERO DE ESTERLING PUEDE SER MUY GRANDE.

ASI PUES, LAS ECUACIONES EXACTAS TIENEN QUE SER RESUELTAS $\bar{S}(n,m)$ VECES PARA ENCONTRAR,QUE PARTICULAR DISTRIBUCION DE CENTROS DE DEMANDA A FUENTES DE SERVICIO,ENTRE ESTOS CONJUNTOS MINIMOS,ES EL MINIMO ABSOLUTO QUE SE BUSCA. PARA PROBLEMAS A PEQUENA ESCALA,ESTO ES FACTIBLE USANDO UNA COMPUTADORA DIGITAL. SIN EMBARGO,PARA PROBLEMAS A GRAN ESCALA DE IMPORTANCIA SOCIAL O INDUSTRIAL,LA CANTIDAD DE TIEMPO DE COMPUTACION ES PROHIBITIVA.

UNA OBSERVACION SUGESTIVA PARA LA SOLUCION DE ESTOS PROBLEMAS PUEDE SER LA SIGUIENTE: SI PARA UN CONJUNTO DE n FUENTES DE SERVICIO Y m CENTROS DE DEMANDA,LA LOCALIZACION DE LAS FUENTES DE SERVICIO ES CONOCIDA,LA DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION OPTIMA ES TRIVIAL. ESTO ES,EL CONJUNTO DE PESOS DISTANCIA (O COSTOS EN EL CASO GENERAL),QUE SEA MINIMO. RECIPROCAMENTE,SI LA DISTRIBUCION DE CENTROS DE DEMANDA ES FIJADA,LA DETERMINACION DE LA LOCALIZACION OPTIMA DE LAS FUENTES DE SERVICIO ES PROPIAMENTE UN CALCULO EXACTO,CON Zji CONOCIDO.

ESTA OBSERVACION ES USADA PARA LA GENERACION DE METODOS APROXIMADOS DE SOLUCION.

POR LAS CARACTERISTICAS Y LA PROBLEMATICA,QUE PRESENTA EL MODELO DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION EN LA SOLUCION EXACTA,EN ESTE TRABAJO SE UTILIZA UN METODO APROXIMADO DE SOLUCION LLAMADO "METODO ALTERNADO DE CORRECCION Y ELIMINACION" [CO4].

SE ELIGIO ESTE METODO POR LA SIMPLEZA DE SU CONCEPTO. EL CUAL,SE

BASA EN LA IDEA DE DIVIDIR AL CONJUNTO TOTAL DE CENTROS DE DEMANDA EN m SUBCONJUNTOS. PARA CADA UNO DE ESOS SUBCONJUNTOS,SE DETERMINA LA LOCALIZACION DE UNA SOLA FUENTE DE SERVICIO,USANDO EL METODO DE SOLUCION EXACTA. DESPUES,SE EXAMINA CADA DESTINO PARA DETERMINAR SI ES POSIBLE,DEBIDO A LA CERCANIA,CAMBIARLO A OTRA FUENTE DE SERVICIO. SI EXISTE ALGUN CAMBIO EN LA REDISTRIBUCION,NUEVAMENTE SE LOCALIZAN LAS FUENTES DE SERVICIO,USANDO EL METODO DE SOLUCION EXACTA.

ESTE PROCESO SE CONTINUA,ALTERNATIVAMENTE LOCALIZANDO Y REDISTRIBUYENDO,HASTA QUE NO EXISTAN CAMBIOS.

PARA VER EL FUNCIONAMIENTO DE ESTE PROCEDIMIENTO, CONSIDERAR UN PROBLEMA QUE TENGA LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS: SE DESEA DETERMINAR LA LOCALIZACION DE n FUENTES DE SERVICIO Y LA DISTRIBUCION DE m CLIENTES,ENTRE LAS FUENTES DE SERVICIO. SE SUPONE QUE LA DEMANDA DE LOS CLIENTES Ri ,$i=1,...,m$,SON DIFERENTES. SEA Wji LA CANTIDAD QUE SE ENVIA AL CLIENTE i, DESDE LA FUENTE j . CONSIDERAR LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES ILIMITADA Y EL USO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA. EL PROBLEMA SE PUEDE FORMULAR COMO:

$$\text{MIN. } F = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Zji\ Wji \left[(Xj-ai)^2 + (Yj-bi)^2 + e \right]^{1/2}$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^{n} W_{ji} \geq R_i \quad ; \; i=1,\ldots,m$$

DONDE $Z_{ji} = 1,0 \quad ; i=1,\ldots,m \quad ; j=1,\ldots,n$

COMO LAS FUENTES DE SERVICIO TIENEN CAPACIDAD ILIMITADA,UN CENTRO DE DEMANDA O CLIENTE,SERA ASIGNADO A UNA SOLA FUENTE DE SERVICIO. EL PROCEDIMIENTO APROXIMADO PARA RESOLVER EL PROBLEMA, ES EL SIGUIENTE.

E T A P A S D E L M E T O D O D E S O L U C I O N

1.- CONSIDERAR UN CONJUNTO P QUE CONSISTE DE m CENTROS DE DEMANDA O CLIENTES P_i, $P=(P_1,\ldots,P_m)$,DONDE P_i ES LA REPRESENTACION SIMBOLICA DEL DESTINO CUYAS COORDENADAS SON (a_i,b_i). DETERMINAR LOS PUNTOS P_a,P_b MAS CERCANOS DONDE:

$$\left[(A_a - A_b)^2 + (B_a - B_b)^2 \right]^{1/2} = \underset{\substack{k,l \\ k \neq l}}{\text{MIN.}} \left[(A_k - A_l)^2 + (B_k - B_l)^2 \right]^{1/2}$$

ELIMINAR EL PUNTO P_a SI $D_{ai} > D_{bi}$, DONDE :

$D_{ai} = \left[(A_a - A_b)^2 + (B_a - B_b)^2 \right]^{1/2}$, DE OTRA FORMA ELIMINAR A P_b. EN OTRAS PALABRAS,ELIMINAR EL PUNTO CON LA MAXIMA DISTANCIA DE LOS DEMAS. CON LO QUE SE OBTENDRA,UN CONJUNTO P_i QUE CONSISTE DE $m-1$ PUNTOS; ESTE PROCESO SE REPITE $m-n$ VECES,HASTA OBTENER P_{m-n} EL CUAL DEBERA CONTENER n PUNTOS, P_j .

ESTOS PUNTOS SIRVEN COMO FUENTES POSIBLES.

2.- CON LOS n PUNTOS EN P_{m-n} ,ASIGNAR EL RESTO DE DESTINOS CON BASE EN UN CRITERIO DE MINIMA DISTANCIA DE UNA FUENTE,ES DECIR,CADA DESTINO SE ASIGNA A LA FUENTE MAS CERCANA; DE ESTA MANERA,SE OBTIENEN n SUBCONJUNTOS CON DESTINOS, $Q_1,Q_2,...,Q_n$,HACIENDO CASO OMISO DE LAS DEMANDAS,ES DECIR,SUPONIENDOLAS IGUALES. LLAMAR $A = \| Z_{ji} \|$ A LA MATRIZ DE DISTRIBUCION,DONDE:

$$A = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & \cdots & m \end{array} \\ \left[\begin{array}{c} Z_{1i} \\ Z_{2i} \\ \vdots \\ Z_{ni} \end{array} \right] \end{array} \qquad Z_{ji} = \begin{cases} 1 & j \text{ ATIENDE A } i \\ 0 & \text{OTRA COSA} \end{cases}$$

LOS UNOS DE CADA COLUNMA, INDICAN LOS CLIENTES ASIGNADOS A CADA FUENTE,CADA RENGLON TIENE EXACTAMENTE UN 1.

3.- CONSTRUIR UNA MATRIZ $W = \| R_i Z_{ji} \|$,ES DECIR,MULTIPLICAR CADA RENGLON POR SU CORRESPONDIENTE R_i ,ES DECIR, $W_{ji} = R_i Z_{ji}$ Y SE RESUELVE LA RELACION:

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{Z_{ji} R_i (X_j - a_i)}{[(X_j - a_i)^2 + (Y_j - b_i)^2 + e]^{1/2}} = 0 \qquad i=1,...,m$$

EN FORMA SIMILAR PARA Y_j SE RESUELVE UN PROBLEMA PARA CADA FUENTE CON LOS CLIENTES QUE TENGA ASIGNADOS.

4.- UNA VEZ QUE SE TENGAN LAS COORDENADAS DE LAS FUENTES (Xj,Yj) $j=1,...,n$,SE REDISTRIBUYEN LOS CLIENTES ENTRE LAS FUENTES,SI HAY ALGUN CLIENTE INCORRECTAMENTE ASIGNADO. EN ESTE CASO,SE COMPARA LA DISTANCIA DEL CLIENTE A LA FUENTE MULTIPLICANDO POR SU DEMANDA Y SE COMPARA CON LA MISMA CANTIDAD PERO EN OTRA FUENTE,ES DECIR,LA BASE DE COMPARACION PARA UN CLIENTE i ES: Ri Dji

Dji = DISTANCIA DE LA FUENTE j ; $j=1,...,n$ Y SE ASIGNA EL CLIENTE DE ACUERDO CON EL MINIMO DE LA CANTIDAD ANTERIOR; A ESTA ETAPA SE LE LLAMA ALTERNACION.

5.- LOS PASOS 3 Y 4 SE REPITEN HASTA QUE SE LOGRE UNA SOLUCION ESTABLE Y NO OCURRAN CAMBIOS; AQUI SE ENCUENTRA EL VALOR DE:

$$F1\ (X1,...,Xn;Y1,...,Yn) = \sum_{j,i} \left(Zji\ Wji\ Dji \right)$$

S. A.

$$\sum_{j,i} Wji \geq Ri$$

DONDE Dji ES LA DISTANCIA DEL CENTRO DE SERVICIO i A SU RESPECTIVA FUENTE DE SERVICIO.

6.- ELIMINACION. UTILIZANDO LAS ULTIMAS ASIGNACIONES ENCONTRADAS EN EL PASO ANTERIOR,SE APLICA LA SIGUIENTE CORRECCION. ENCONTRAR EL PAR DE PUNTOS SERVIDOS POR LA MISMA FUENTE TAL QUE,LA DISTANCIA ENTRE ELLOS ES MAXIMA. LLAMAR A LAS FUENTES Sj ;

$j=1,...,n$ Y Q_j A LOS SUBCONJUNTOS DE DESTINOS;ENTONCES,SE DESEA ENCONTRAR EL PAR DE PUNTOS P1,P2 TALES QUE:

$$D_j = \underset{\substack{k,l \,\in\, Q_j \\ k<>l}}{MAX.} \left[(a_k - a_l)^2 + (b_k - b_l)^2 \right]^{1/2}$$

$$\left[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 \right]^{1/2} = MAX. \; D_j \quad ; j=1,...,n$$

LLAMAR A ESTE SUBCONJUNTO Q_h CON FUENTE S_h. ELIMINAR LA FUENTE S_h Y REEMPLAZARLA CON LOS PUNTOS P1,P2 . CON LO QUE SE TIENE AHORA n+1 FUENTES [(S_j;j=1,...,n;j h)P1,P2],LLAMAR R A ESTE CONJUNTO DE n+1 FUENTES; LAS COORDENADAS SON (X_j,Y_j) j h ,(X_1,Y_1),(X_2,Y_2). RENOMBRAR A LAS FUENTES COMO S_k ,ES DECIR, R = (S_k¦k=1,...,n+1),DONDE LAS PRIMERAS n-1 FUENTES SON S_j (j h) Y S_m = P1 , S_{m+1} = P2. AHORA SE ENCUENTRAN EN R LAS FUENTES S_a Y S_b MAS CERCANAS.

$$\left[(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2 \right]^{1/2} = \underset{\substack{j,l \,\in\, R \\ J<>l}}{MIN} \left[(X_j - X_l)^2 + (Y_j - Y_l)^2 \right]^{1/2}$$

CON LAS FUENTES S_a Y S_b PRIMERO ELIMINAR S_a Y APLICAR EL METODO DE ALTERNACION DE LOCALIZACIONES Y ASIGNACIONES SUCESIVAS HASTA OBTENER UNA CONVERGENCIA COMO SE INDICA EN EL PASO No.5. ESTO DETERMINA UNA SEGUNDA SOLUCION Y UN SEGUNDO VALOR PARA LA FUNCION OBJETIVO F2. LUEGO SE REEMPLAZA LA FUENTE S_a Y SE ELIMINA S_b Y SE VUELVE APLICAR EL METODO DE ALTERNACION PARA OBTENER F3.

7.- FINALMENTE SE ESCOGE EL MEJOR VALOR COMO:

$$F = MIN.(F1, F2, F3)$$

EN IGUAL FORMA SE HAN ENCONTRADO LAS ASIGNACIONES Y LOCALIZACIONES.

EN ESTE ALGORITMO NO SE HA MENCIONADO EL COSTO UNITARIO DE TRANSPORTE POR ARTICULO,POR UNIDAD DE DISTANCIA;SIN EMBARGO,SE PUEDE IMPLICAR FACILMENTE EN LA FUNCION OBJETIVO.

A MANERA DE ILUSTRAR LA APROXIMACION QUE PUEDE HACERSE PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION,CONSIDERAR EL SIGUIENTE EJEMPLO.

EJEMPLO No.12

CONSIDEREMOS EL PROBLEMA DE DISTRIBUIR 15 CENTROS DE DEMANDA A 3 FUENTES DE SERVICIO DE TAL FORMA,QUE LA SUMA TOTAL DE LAS DISTANCIAS DE LOS CENTROS DE DEMANDA A SU RESPECTIVA FUENTE DE SERVICIO SEA MINIMIZADA

LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION DEL CONJUNTO DE DESTINOS ESTA DADA COMO SIGUE:

CENTRO DE DEMANDA	COORDENADAS
1	(5,9)
2	(5,25)
3	(5,48)
4	(13,4)
5	(12,19)
6	(13,39)
7	(28,37)
8	(21,45)
9	(25,50)
10	(31,9)
11	(39,2)
12	(39,16)
13	(45,22)
14	(41,30)
15	(49,31)

LOS VALORES DE DEMANDA SON TODOS IGUALES Y LOS COSTOS DE TRANSPORTE TAMBIEN.

S O L U C I O N : VALOR DE e = 0.0000001
LIM. DE DIF. = 0.01

A L T E R N A T I V A No.1

GRUPO 1 SERVICIO COORDENADAS X = 8.75 Y = 14.25

CENTRO DE DEMANDA : 5,1,2,4

GRUPO 2 SERVICIO COORDENADAS X = 18.4 Y = 43.3

CENTRO DE DEMANDA : 7,3,6,8,9

GRUPO 3 SERVICIO COORDENADAS X = 40.66 Y = 18.33

CENTRO DE DEMANDA : 14,15,10,11,12,13

F. O. = 144.87

A L T E R N A T I V A No.2

GRUPO 1 SERVICIO COORDENADAS X = 8.75 Y = 14.25

CENTRO DE DEMANDA : 1,2,4,5

GRUPO 2 SERVICIO COORDENADAS X = 22.16 Y = 41.5

CENTRO DE DEMANDA : 3,6,7,8,9,14

GRUPO 3 SERVICIO COORDENADAS X = 40.6 Y = 16

CENTRO DE DEMANDA : 10,11,12,13,15

F.O. = 156.33

A L T E R N A T I V A No. 3

GRUPO 1 SERVICIO COORDENADAS X = 13.2 Y = 13.2

CENTRO DE DEMANDA : 1,2,4,5,10

GRUPO 2 SERVICIO COORDENADAS X = 18.4 Y = 43.8

CENTRO DE DEMANDA : 3,6,7,8,9

GRUPO 3 SERVICIO COORDENADAS X = 42.6 Y = 20.2

CENTRO DE DEMANDA : 11,12,13,14,15

F. O. = 151.51

C A P I T U L O V. CONCLUSIONES Y EXTENSIONES

EN ESTE TRABAJO SE ANALIZO EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS. COMO CONSECUENCIA DEL ANALISIS SE OBSERVO QUE EXISTEN VARIOS NIVELES DE COMPLEJIDAD. EN SU FORMA MAS SIMPLE,EL PROBLEMA CONSISTE EN LOCALIZAR UN SOLO SERVICIO,EL CUAL TIENE FIJOS UN CONJUNTO DE INTERACCIONES CON VARIOS CENTROS DE DEMANDA. O SEA, EL VOLUMEN DE LA DEMANDA NO DEPENDE DE LA LOCALIZACION DE LOS SERVICIOS. EL PRBLEMA SE COMPLICA MAS CUANDO VARIOS SERVICIOS, QUE TIENEN INTERACCION ENTRE ELLOS MISMOS Y CON LOS CENTROS DE DEMANDA,DEBEN SER LOCALIZADOS. UN FACTOR QUE COMPLICA AUN MAS ESTOS PROBLEMAS, APARECE CUANDO EL VOLUMEN DE INTERACCION ES DEPENDIENTE DE LA LOCALIZACION DE LOS SERVICIOS,TAL COMO SUCEDE EN LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION.

SE ANALIZARON LAS BASES TEORICAS DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION Y SUS METODOS DE SOLUCION PARA LOS NIVELES DE COMPLEJIDAD ANTERIORMENTE MENCIONADOS. SE HAN DETERMINADO LOS COMPONENTES FUNDAMENTALES QUE DEBERA TENER UN PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS Y CON BASE EN ESTOS,SE HIZO UNA CLASIFICACION. EL ANALISIS SE REALIZO BASICAMENTE CON LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR , CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA , POR CONSIDERARLAS FUNDAMENTALES. EN PARTICULAR , SE DETERMINO LA DIFERENCIA QUE EXISTE CON EL PROBLEMA DE TRANSPORTE.
EN EL ANALISIS REALIZADO,SE PUDO OBSERVAR LA FUERTE VINCULACION

QUE EXISTE CON ALGUNAS TECNICA DE OPTIMIZACION. EN ESPECIAL SE OBSERVO PARA LOS PROBLEMAS QUE UTILIZAN LA MEDIDA DE DISTANCIA EUCLIDIANA,QUE LAS DERIVADAS PARCIALES TIENEN UNA DICONTINUIDAD Y POR TAL MOTIVO,DEBEN DE RESOLVERSE POR UN METODO APROXIMADO.

EN LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION SE DETERMINO LA EXISTENCIA DE DOS PROBLEMAS MUTUAMENTE RELACIONADOS, LA LOCALIZACION DE LOS SERVICIOS Y LA DISTRIBUCION DE LOS CENTROS DE DEMANDA. EL ANALISIS DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION SE REALIZO CON LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR, CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA;EN EL CASO DE LA DISTANCIA RECTANGULAR SE CAMBIO EL METODO DE SOLUCION DEL PROBLEMA, DEBIDO AL GRAN NUMERO DE VARIABLES Y RESTRICCIONES QUE SE DEBEN USAR,AL PLANTEARLO COMO UNO DE PROGRAMACION LINEAL.

LOS PROGRAMAS ESTAN IMPLEMENTADOS EN LA MICROCOMPUTADORA CORONA P.C. Y SUS COMPATIBLES. EL LENGUAJE UTILIZADO ES EL BASIC 1.12. POR LO CUAL,ES POSIBLE UTILIZARLOS EN UNA GRAN CANTIDAD DE EQUIPOS. LOS CUALES YA CUENTAN CON UNA BUENA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO,LO QUE PERMITE RESOLVER PROBLEMAS SUFICIENTEMENTE GRANDES. LA SALIDA DE RESULTADOS ES EXCLUSIVAMENTE POR PANTALLA,PERO CON ALGUNAS MODIFICACIONES SE PUEDE ENVIAR POR IMPRESORA.

ENTRE LOS PROBLEMAS QUE DEBEN ANALIZARSE COMO EXTENSION DE ESTE TRABAJO TENEMOS:

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS CON ESPACIO DE SOLUCIONES DISCRETO.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS CON LIMITE EN LA CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE SERVICIO.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS CON BARRERAS DE TRAFICO.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS CON MAGNITUD DE DEMANDA DINAMICA O PROBABILISTICA.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION, CONSIDERANDO AL NUMERO DE NUEVOS SERVICIOS COMO VARIABLE DE DECISION.

EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS, CONSIDERANDO COSTOS FIJOS Y VARIABLES DE OPERAR LAS FUENTES DE SERVICIO.

POR CONSIDERAR ALGUNOS.

APENDICE A. CONCEPTOS BASICOS

METODO DE APROXIMACION HIPERBOLICA

GEOMETRICAMENTE, CADA TERMINO INCLUIDO EN LA SIGUIENTE FUNCION, REPRESENTA LA ECUACION DE UN CONO CIRCULAR RECTO.

$$\text{MIN. } F(X1,\ldots,Xn) = \sum_{1\le j<k\le n} Vjk \left[(Xj-Xk)^2 + (Yj-Yk)^2 \right]^{1/2} +$$

$$+ \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} Wji \left[(Xj-ai)^2 + (Yj-bi)^2 \right]^{1/2}$$

PARA VER QUE ESTO ES VERDADERO, SUPONER QUE EL SERVICIO EXISTENTE i , ESTA LOCALIZADO EN EL ORIGEN Y QUE Wji ES UN VALOR POSITIVO. PARA EL MOVIMIENTO DEL NUEVO SERVICIO j A LO LARGO DEL EJE DE LAS X UNA DISTANCIA Rji , LA FUNCION DE DISTANCIA CONSIDERADA Fji ENTRE EL NUEVO SERVICIO j Y EL SERVICIO EXISTENTE i , PUEDE SER DESCRITA POR LA RELACION LINEAL:

$$Fji = Wji \ Rji$$

PUESTO QUE EL NUEVO SERVICIO j NO ESTA RESTRINGIDO A MOVERSE EN ALGUNA DIRECCION ESPECIFICADA, Rji PUEDE SER INTERPRETADO COMO LA DESCRIPCION DEL LUGAR (GEOMETRICO) DE LOS PUNTOS EQUIDISTANTES DEL SERVICIO EXISTENTE i.

COMO SE MUETRA EN LA FIGURA,EL LUGAR GEOMETRICO DE LOS PUNTOS,A UNA DISTANCIA Rji DEL SERVICIO EXISTENTE i ,ES UN CIRCULO DE RADIO Rji . CONSECUENTEMENTE, Fji PUEDE SER DADO COMO:

$$Fji = Wji (Xj^{2} - Yj^{2})^{1/2}$$

LA ECUACION ANTERIOR,DEFINE UN CONO CIRCULAR RECTO,GENERADO POR LA VUELTA DE LA LINEA RECTA DADA LA ECUACION $Fji = Wji \; Rji$ ALREDEDOR DEL EJE F . SI EXISTIERA EL SERVICIO i CON LA LOCALIZACION $(a\,i\,,b\,i\,)$,ENTONCES LA ECUACION DEL CONO ANTERIOR,LLEGA A SER:

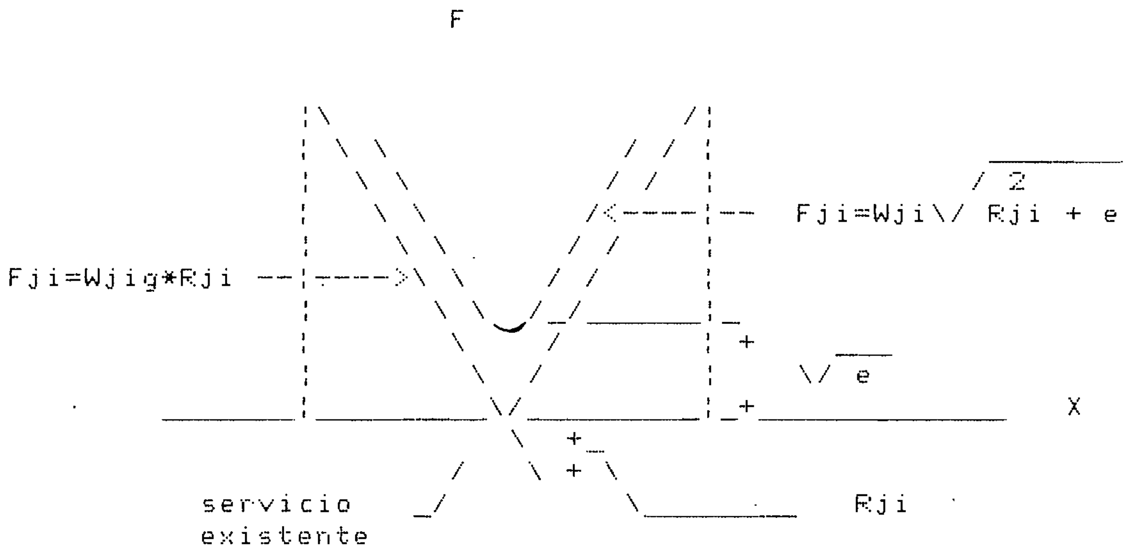
$$Fji = Wji \,[\, (Xj - ai\,)^{2} + (Yj - bi\,)^{2} \,]^{1/2}$$

SIMILARMENTE,SI EL NUEVO SERVICIO j ES LOCALIZADO EN (Xj,Yj), EL NUEVO SERVICIO k ESTA LOCALIZADO EN (Xk,Yk) Y Vjk TIENE VALOR POSITIVO,ENTONCES RELATIVO AL NUEVO SERVICIO j , LA FUNCION DISTANCIA CONSIDERADA ENTRE LOS NUEVOS SERVICIOS j Y k ,GENERAN UN CONO CIRCULAR RECTO,CENTRADO EN EL PUNTO (Xj,Yj). CONSECUENTEMENTE,LA ECUACION INICIAL MIN. $F(X1,...,Xn)$ REPRESENTA LA SUMA DE CONOS.

LOS VERTICES DE LOS CONOS CONTENIDOS EN LOS RESULTADOS DE LA SUMATORIA,EN LAS DERIVADAS INDEFINIDAS,PRODUCEN LA LLAMADA SUPERFICIE DE FILO DE CUCHILLO.

PUESTO QUE UN CONO ES UNA FORMA LIMITADA DE UN HIPERBOLOIDE,SI

LOS CONOS SON REEMPLAZADOS POR HIPERBOLOIDES,UNA FUNCION DE APROXIMACION F ES OBTENIDA. ADEMAS,YA QUE LOS HIPERBOLOIDES SON FUNCIONES ESTRICTAMENTE CONVEXAS Y F ES LA SUMA DE LOS HIPERBOLOIDES, F ES TAMBIEN UNA FUNCION CONVEXA.



COMO SE PUEDE OBSERVAR DE LA FIGURA ANTERIOR,LA ECUACION PARA LA HIPERBOLA EN EL PRIMER CUADRANTE DE PLANO F X ,ESTA DADA POR:

$$\hat{F}_{ji} = W_{ji} \left(R_{ji}^{2} + e \right)^{1/2}$$

DE DONDE e (EPZILON), ES UNA CONSTANTE DE VALOR POSITIVO. EL HIPERBOLOIDE CENTRADO EN EL PUNTO (a_i, b_i),EN EL PLANO X Y PUEDE SER EXPRESADO COMO:

$$\hat{F}_{ji} = W_{ji} \left[(X_j - a_i)^{2} + (Y_j - b_i)^{2} + e \right]^{1/2}$$

DE LA FIGURA ANTERIOR,SE PUEDE OBSERVAR QUE LA ADICION DE LA CONSTANTE e (EPZILON), ESENCIALMENTE RESULTA DEL REEMPLAZO DEL VERTICE DEL CONO POR UNA SUPERFICIE HIPERBOLICA LISA. CON LA INTRODUCCION DE e (EPZILON) QUE ES UN NUMERO PEQUENO,SE ASEGURA QUE LA DISCONTINUIDAD DE LA FUNCION NO OCURRA CUANDO $Xj = ai$ Y $Yj = bi$. CONSECUENTEMENTE,LA DERIVADA EXISTE EN TODAS PARTES. ADEMAS,EL PEQUENO VALOR DE e (EPZILON), CIERRA AL HIPERBOLOIDE Y LO APROXIMA A UN CONO.

D E M O S T R A C I O N .

DADOS LOS NUMEROS a, b, p, q TAL QUE:

a). $a - b = p - q$

b) $p >= 0$, $q >= 0$

c). $p\,q = 0$

DEMOSTRAR QUE $| a - b | = p + q$

CONSIDERAR LOS CASOS: $a - b > 0$; $a - b = 0$; $a - b < 0$

CASO No.1 $a - b > 0$

DE (b) TENEMOS QUE $p >= 0$; $q >= 0$ ===> $p > 0$ O $q > 0$, DE OTRA FORMA $a - b = 0$, LO CUAL NO PUEDE SER.

SI $q > 0$, DE (c) ===> $P = 0$, DE (a) TENEMOS $a - b = - q < 0$ LO CUAL NO PUEDE SER, ASI QUE $q = 0$.

PUESTO QUE $a - b > 0$, $| a - b | = a - b$ Y COMO $p > 0$, DE (a) TENEMOS $a - b = p$ Y COMO $q = 0$ ===> $| a - b | = p + q$

CASO No.2 $a - b = 0$

DE (b) TENEMOS QUE $p >= 0$, $q >= 0$ ===> $P = 0$ Y $q = 0$, DE OTRA FORMA $a - b$ 0 ,LO CUAL NO PUEDE SER.

SI $p = 0$ Y $q = 0$, DE (a) TENEMOS QUE $a - b = 0$.

PUESTO QUE $a - b = 0$;$| a - b | = a - b$ Y COMO $p = 0$ Y $q = 0$ DE (a) TENEMOS $a - b = 0$ ===> $| a - b | = p + q$ >

CASO No.3 $a - b < 0$

DE (b) TENEMOS QUE $p \geq 0$, $q \geq 0$ $\Longrightarrow$ $p > 0$ O $q > 0$, DE OTRA FORMA $a - b = 0$, LO CUAL NO PUEDE SER.

SI $p > 0$ DE (c) $\Longrightarrow$ $q = 0$, DE (a) TENEMOS $a - b = p > 0$ LO CUAL NO PUEDE SER, ASI QUE $p = 0$.

PUESTO QUE $a - b < 0$, $| a - b | = a - b$ Y COMO $q > 0$ DE (a) TENEMOS $a - b = -q$ Y COMO $p = 0$ $\Longrightarrow$ $| a - b | = p = q$

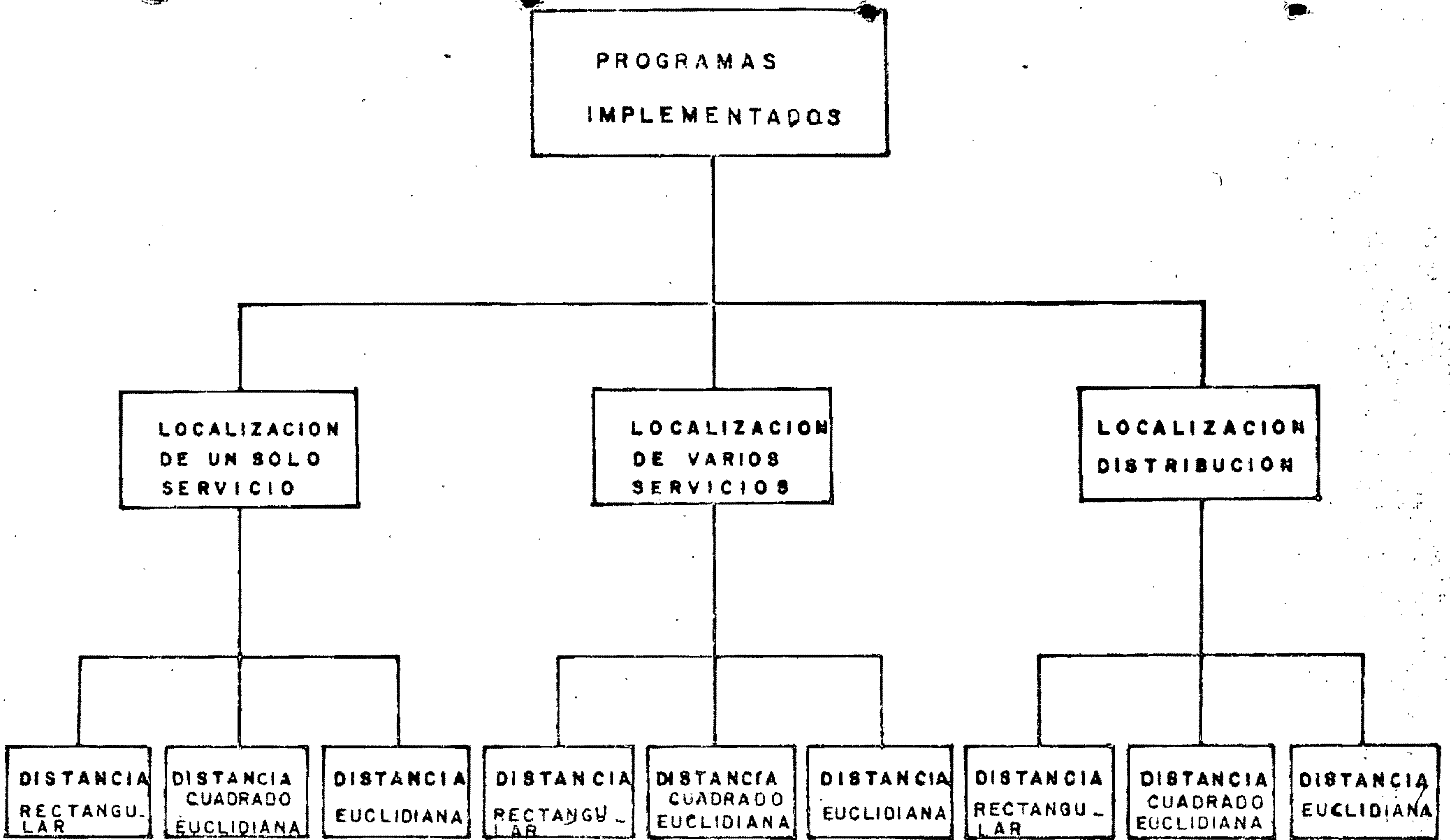
A P E N D I C E B. PROGRAMAS DE COMPUTADORA

LOS PROGRAMAS DE COMPUTO RELACIONADOS CON LOS METODOS DE SOLUCION DEL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE SERVICIOS,ESTAN IMPLEMENTADOS EN LAS MICROCOMPUTADORAS CORONA Y SUS COMPATIBLES. EL LENGUAJE USADO ES EL BASIC VER. 1.12 . DEBIDO AL EQUIPO Y AL LENGUAJE UTILIZADO, ESTOS PROGRAMAS PUEDEN SER EJECUTADOS EN EN UNA GRAN VARIEDAD DE OTRAS MAQUINAS. EL DISCO DE PROGRAMAS ES AUTO-EJECUTABLE. CON EL DISCO MONTADO EN EL DRIVE,SOLO SE NECESITA PRENDER LA MAQUINA Y APARECE EL MENU DE OPERACIONES QUE GUIA AL USUARIO.

EN LA SIGUIENTE FIGURA SE MUESTRA UN BOSQUEJO DE LOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EN LA COMPUTADORA. PARA USAR CUALQUIERA DE LOS PROGRAMAS,EL USUARIO SOLO NECESITA TECLEAR LA CLAVE SEGUN EL MENU DE ALTERNATIVAS SEGUIDO DE <RETURN>,Y LA MAQUINA EMPIEZA A SOLICITAR LOS DATOS REQUERIDOS,SEGUN EL PROGRAMA.

LA SALIDA DE RESULTADOS ES SOLO POR PANTALLA,PERO CON LEVES MODIFICACIONES PUEDE SER ENVIADO POR LA IMPRESORA.

EN LA BIBLIOTECA DE LA DEPFI (DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA),SE PUEDE CONSULTAR LOS LISTADOS DE LOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS.



SISTEMA DE PROGRAMAS DE LOCALIZACION

P A Q U E T E No. 1: LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO.

N O M B R E D E L A R C H I V O : UNSER.BAS

P R O P O S I T O :

RESOLVER EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO,UTILIZANDO COMO MEDIDA DE DISTANCIA A LA RECTANGULAR,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y A LA EUCLIDIANA.

E N T R A D A :LOS DATOS PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS SON : EL NUMERO DE CENTROS DE DEMANDA. EL VALOR DE INTERCAMBIO (DEMANDA) ENTRE LOS SERVICIOS Y LOS CENTROS DE DEMANDA Y LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE DEMANDA. ADICIONALMENTE, EN LA ALTERNATIVA DONDE SE RESUELVE ESTE PROBLEMA DE LOCALIZACION UTILIZANDO LA MEDIDA DE DISTANCIA EUCLIDIANA,SE SOLICITA AL USUARIO EL VALOR DE APROXIMACION e (EPZILON) Y EL LIMITE DE LA DIFERENCIA ENTRE LA SOLUCIOM ANTERIOR Y LA ACTUAL,PARA QUE EL PROCESO ITERATIVO TERMINE.

S A L I D A :LA INFORMACION PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS ES: LAS COORDENADAS DE LA LOCALIZACION OPTIMA DE LA FUENTE DE SERVICIO Y EL VALOR MINIMIZADO DE LA FUNCION OBJETIVO.

C O M E N T A R I O S :

A L T E R N A T I V A. N o 1:RESUELVE EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO CON LA MEDIDA DE DISTANCIA

RECTANGULAR,TRANSFORMANDO AL PROBLEMA DE LOCALIZACION EN UNO DE EQUIVALENTE DE PROGRAMACION LINEAL. UTILIZA EL METODO GRAN M, PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL EQUIVALENTE Y ASI OBTENER LAS COORDENADAS OPTIMAS DE LOCALIZACION DE LA FUENTE DE SERVICIO Y EL VALOR MINIMIZADO DE LA FUNCION OBJETIVO.

A L T E R N A T I V A. N o 2:RESUELVE EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO,QUE UTILIZA COMO MEDIDA DE DISTANCIA AL CUADRADO DE LA EUCLIDIANA. RESUELVE UN PAR DE ECUACIONES LINEALES PARA OBTENER LAS COORDENADAS OPTIMAS DE LA FUENTE DE SERVICIO Y EL VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO.

A L T E R N A T I V A. N o. 3: CALCULA LA SOLUCION PARA LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION DE UN SOLO SERVICIO CON DISTANCIA EUCLIDIANA. UTILIZA UN PROCEDIMIENTO ITERATIVO DE SOLUCION,LLAMADO APROXIMACION HIPERBOLICA,EL CUAL REQUIERE DEL VALOR DE e (EPZILON) Y DE UNA SOLUCION DE ARRANQUE. EL PROCESO ITERATIVO TERMINA CUANDO EL VALOR DE LA DIFERENCIA ENTRE DOS SOLUCIONES EN MENOR O IGUAL AL VALOR LLAMADO "LIMITE DE DIFERENCIA".

P A Q U E T E N o. 2: LOCALIZACION DE VARIOS SERVICIOS

N O M B R E D E L A R C H I V O: MULTISER.BAS

P R O P O S I T O:

RESOLVER EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTIPLES SERVICIOS QUE

UTILICEN LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR, CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA.

E N T R A D A: LOS DATOS PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS SON: EL NUMERO DE SERVICIOS QUE SE DESEAN LOCALIZAR. EL VALOR DE INTERCAMBIO ENTRE SERVICIOS. EL VALOR DE INTERCAMBIO (DEMANDA) ENTRE SERVICIOS Y CENTROS DE DEMANDA Y LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE DEMANDA. ADICIONALMENTE, EN LA ALTERNATIVA QUE RESUELVE EL PROBLEMA CON DISTANCIA EUCLIDIANA, SE SOLICITA AL USUARIO EL VALOR DE e (EPZILON) Y EL LIMITE DE LA DIFERENCIA ENTRE LA SOLUCION ANTERIOR Y LA ACTUAL, PARA QUE EL ALGORITMO PARE

S A L I D A : LA INFORMACION DE CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS SON LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION PARA CADA UNO DE LOS SERVICIOS Y EL VALOR MINIMO DE LA FUNCION OBJETIVO.

C O M E N T A R I O S:

A L T E R N A T I V A. N o. 1: RESUELVE EL PROBLEMA DE LOCALIZACION DE MULTISERVICIOS CON DISTANCIA RECTANGULAR, TRANSFORMANDOLO EN UNO DE PROGRAMACION LINEAL EQUIVALENTE , UTILIZA EL METODO DE LA GRAN M PARA OBTENER LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL Y ASI OBTENER LAS COORDENADAS OPTIMAS DE LOCALIZACION, PARA CADA UNO DE LOS SERVICIOS Y EL VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO MINIMIZADA.

A L T E R N A T I V A. N o. 2:CALCULA LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS QUE UTILIZA LA DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA,CALCULANDO LOS COEFICIENTES DE UN SISTEMA DE ECUACIONES LINEALES Y RESOLVIENDO EL SISTEMA POR EL METODO DE GAUSS-JORDAN.

A L T E R N A T I V A. N o. 3: RESUELVE EL PROBLEMA DE MULTISERVICIOS CON DISTANCIA EUCLIDIANA. UTILIZA EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACION HIPERBOLICA,EL CUAL REQUIERE DE UNA SOLUCION INICIAL PARA EL ARRANQUE DEL PROCESO ITERATIVO,ESTA SOLUCION INICIAL ES LA QUE SE OBTIENE DE LA ALTERNATIVA No.2. ADEMAS,REQUIERE DE EL VALOR DE e (EPZILON) Y DEL VALOR DE LIMITE DE DIFERENCIA PARA QUE EL PROCESO ITERATIVO TERMINE.

P A Q U E T E N o. 3: LOCALIZACION-DISTRIBUCION.

N O M B R E D E L A R C H I V O: LOCDIS.BAS

P R O P O S I T O :

RESOLVER LOS PROBLEMAS DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION DE SERVICIOS QUE UTILIZAN LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR,CUADRADO DE LA EUCLIDIANA Y EUCLIDIANA.

E N T R A D A: LOS DATOS DE CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS SON: EL NUMERO DE SERVICIOS QUE SE DESEAN LOCALIZAR. EL NUMERO DE CENTROS DE DEMANDA QUE SE DEBEN DISTRIBUIR. EL VOLUMEN DE LA DEMANDA EN CADA CENTRO DE DEMANDA. Y LAS COORDENADAS

DE LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE DEMANDA. ADICIONALMENTE, EL PAQUETE SOLICITA AL USUARIO,EL VALOR DEL LIMITE DE DIFERENCIA ENTRE DOS SOLUCIONES SUCESIVAS, PARA QUE EL PROCESO ITERATIVO TERMINE. CUANDO SE UTILIZAN LAS MEDIDAS DE DISTANCIA RECTANGULAR Y EUCLIDIANA,SE PEDIRA AL USUARIO EL VALOR DE e (EPZILON), PARA QUE LAS ECUACIONES DE LAS DERIVADAS PARCIALES QUEDEN TOTALMENTE DEFINIDAS. ADEMAS ANTES DE CALCULAR EL VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO, SOLICITA AL USUARIO EL VALOR DE COSTOS DE TRANSPORTE POR UNIDAD DE DISTANCIA,ENTRE LOS CENTROS DE DEMANDA Y EL SERVICIO A QUE ESTAN ASIGNADOS.

S A L I D A: LA INFORMACION DE CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS ES: LAS COORDENADAS OPTIMAS DE LOCALIZACION DE LAS FUENTES DE SERVICIO. LA ASIGNACION DE CENTROS DE DEMANDA A FUENTES DE SERVICIO. LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE DEMANDA. LA DEMANDA TOTAL REQUERIDA EN CADA FUENTE DE SERVICIO Y EL VALOR MINIMO DE LA FUNCION OBJETIVO. ESTE PAQUETE PROPORCIONA AL USUARIO TRES OPCIONES DE SOLUCION QUE CONTIENEN LA INFORMACION ANTERIOR,DE LAS CUALES DEBERA ELEGIRSE LA DE MENOR VALOR EN LA FUNCION OBJETIVO.

C O M E N T A R I O S: ESTE PAQUETE UTILIZA UN METODO DE SOLUCION LLAMADO PROCEDIMIENTO ALTERNADO DE CORRECCION Y ELIMINACION,POR LAS CARACTERISTICAS DEL PROBLEMA.

A L T E R N A T I V A. N o. 1: RESUELVE EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION CON DISTANCIA RECTANGULAR. DEBIDO A LAS CARACTERITICAS DEL PROBLEMA Y AL GRAN NUMERO DE VARIABLES Y RESTRICCIONES QUE SE DEBEN USAR,AL HACER LA TRANSFORMACION AL PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL. SE UTILIZA MEJOR EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACION HIPERBOLICA,CAMBIANDO LAS EXPRESIONES LINEALES DE LA MEDIDA DE DISTANCIA,A EXPRESIONES NO LINEALES.

A L T E R N A T I V A. N o. 2: RESUELVE EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION CON DISTANCIA CUADRADO DE LA EUCLIDIANA,CALCULANDO POR LA SOLUCION DE IMPORTANCIA LAS COORDENADAS OPTIMAS DE LAS FUENTES DE SERVICIO.

A L T E R N A T I V A. N o. 3: CON ESTE PROGRAMA SE RESUELVE EL PROBLEMA DE LOCALIZACION-DISTRIBUCION QUE USA COMO MEDIDA DE LA DISTANCIA A LA EUCLIDIANA,UTILIZANDO EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACION HIPERBOLICA,EL CUAL REQUIERE DE UNA SOLUCION DE ARRANQUE PARA EL PROCESO ITERATIVO Y DEL VALOR DEL LIMITE DE DIFERENCIA PARA QUE ESTE TERMINE. LA SOLUCION DE ARRANQUE UTILIZADA, ES LA QUE SE OBTIENE DE LA ALTERNATIVA No.2. CALCULA COMO SOLUCION FINAL,LAS COORDENADAS DE LOCALIZACION DE LAS FUENTES DE SERVICIO,LA DISTRUBUCION DE LOS CENTROS DE DEMANDA Y EL VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO.

PARA ESTE PAQUETE,SE RECOMIENDA QUE EL NUMERO DE SERVICIOS A LOCALIZAR DEBE SER MAYOR QUE DOS.

B I B L I O G R A F I A

[FR1] - FRANCIS R. L. AND J. M. GOLDSTEIN. "LOCATION THEORY: A SELECTIVE BIBLIOGRAPHY." ORSA,400-409, 1974.

[FR2] - FRANCIS R. L. AND JOHN A. WHITE. "FACILITY LAYOUT AND LOCATION. AN ANALYTICAL APPROACH." ENGLEWOOD CLIFFS,N.Y.: PRENTICE-HALL, 1974.

[VA] - VARELA JAIME E. "INTRODUCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES." FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO. 1982. CAP. 7

[WE1] - WESOLOWSKY G. O. AND R. F. LOVE. "A NONLINEAR APROXIMATION METHOD FOR SOLVIN A GENERALIZED RECTANGULAR DISTANCE WEBER PROBLEM." MANAGEMENT SCI. VOL. 18, 1972, PP 656-663.

[CO1] - COOPER LEON. "HEURISTIC METHODS FOR LOCATION-ALLOCATION PROBLEMS." SIAM REVIEW. VOL. 6, 1964, PP 37-53.

[WE2] - WESOLOWSKY G. O. AND R. F. LOVE. "THE OPTIMAL LOCATION OF NEW FACILITIES USING RECTANGULAR DISTANCES." OP. RES. VOL. 19, PP 124-130, 1971.

[CO2] - COOPER LEON. "LOCATION-ALLOCATION PROBLEMS." OP. RES. VOL 11, PP 331-343, 1963.

[FU] - FUENTES MAYA S. "PROGRAMACION LINEAL." D.E.P.F.I., U.N.A.M., 1978.

[BA] - BAUMOL W. J. AND WOLFE P. "A WAREHOUSE LOCATION PROBLEM." OP. RES., VOL. 6, PP 252-258, 1958.

[KE] - KEENEY R. "A METHOD FOR DISTRICTING AMOG FACILITIES." ORSA. VOL. 20, PP 613-618, 1972.

[FE] - FELDMAN E.,LEHRER F. A. AND RAY T. L. "WAREHOUSE LOCATION UNDER CONTINUOS ECONOMIES OF SCALE." MANAGEMENT SCI. VOL 12,PP 670-684, 1966.

[LO1] - LOVE R. F. AND JAMES G. MORRIS. "MATHEMATICAL NODELS OF ROAD TRAVEL DISTANCES." MANAGEMENT SCI. VOL. ,PP

[LO2] - LOVE R. F. AND WALKER J. H. "TERMINAL LOCATION PROBLEM: A CASE STUDY SUPPORTING THE STATUS QUO." J. OP. RES. SOC. VOL. 36,PP 131-136,1985.

[LO3] - LOVE R. F. AND YEREX L. "AN APPLICATION OF A FACILITIES LOCATION MODEL IN THE PRESTRESSED CONCRETE INDUSTRY."

INTERFACES,VOL. 6,PP 45-49, 1976.

[LO4] - LOVE R. F. AND YEONG W. Y. "A STOPPING RULE FOR FACILITIES LOCATION ALGORITHMS." AIIE TRANSACTIONS,VOL. 13,PP 357-362,1981.

[VE] - VERGIN R. C. AND ROGERS J.D. "AN ALGORITHM AND COMPUTATIONAL PROCEDURE FOR LOCATING ECONOMIC FACILITIES."MANAGEMENT SCI.,VOL. 13,PP.240-254,1967.

[RE] - REVELLE CH.,MARKS D. AND LIEBMAN J.C. "AN ANALYSIS OF PRIVATE AND PUBLIC SECTOR LOCATION MODELS." MANAGEMENT SCI.,VOL. 16, PP.692-707,1970.

[SM] - SMITHIES,F. AND TODD J.A. "CONVEXITY." No.47 CAMBRIDGE TRACTS IN MATHEMATICS AND MATEMATICAL PHYSICS.

[CO3] - COOPER R. L. "ON THE LOCATION OF MULTIPLE NEW FACILITIES WITH RESPECT TO EXISTING FACILITIES." THE J. OF INDUSTRIAL ENGINEERING.,VOL. 15,PP. 106-107,1964.

[CO4] - COOPER R. L. "SOLUTION OF GENERALIZED LOCATIONAL EQUILIBRIUM MODELS." J. REGIONAL SCIENCE.,VOL.7,PP.1-18,1967

[SH] - SHAMBLIN,J.E. AND STEVENS,G.T. "INVESTIGACION DE OPERACIONES." MC.GRAW-HILL. 1982,CAP. 7