

Diseño de Escenarios para Apoyar la Gestión del Aire en Temuco y Padre Las Casas

Desarrollado por:

Dr. Pedro Sanhueza H.

Msc. Ing. Jorge Cerda T.

Ing. Civil Geógrafo Caludia Pfeng

Ing. Ambiental Mónica Torreblanca V.

Ing. Civil Geógrafo Marcos Medina

Preparado para: CONAMA Región de la Araucanía



Octubre 2004





INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	8
1. INTRODUCCION	16
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. DISEÑO DEL AÑO BASE	18
3.1 DESCRIPCION DE LA CIUDAD DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS	18
3.2 RESUMEN MONITOREO DE MP10	21
3.3 SELECCIÓN DEL AÑO BASE	24
4. ESCENARIO DE DESARROLLO URBANO	25
4.1 ANALISIS DE LA NORMATIVA TERRITORIAL VIGENTE PRC	25
4.2 ANÁLISIS DE OTROS ANTECEDENTES Y ESTUDIOS	28
4.2.1 Plan de desarrollo del sistema de transporte urbano de la ciudad de Temuco, (SECTRA, 1999)	28
4.2.2 Situación base 1996 (SECTRA)	29
4.2.3 Escenarios de crecimiento urbano (situación base y escenarios Futuros SECTRA)	29
4.3 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y DEMOGRÁFICA DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS	31
4.3.1 Antecedentes INE	32
4.4 CATASTRO DE PROYECTOS INMOBILIARIOS	33
4.5 IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS DE DESARROLLO URBANO GLOBAL	35
4.6 IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS ESPACIALES DEL DESARROLLO URBANO	40
4.6.1 Estimación de hogares por grupo socioeconómico y por zonas para los cortes 2007, 2010 y 2015	44
5. ESCENARIOS DE EMISION	46
5.1 FACTORES UTILIZADOS EN ESTE ESTUDIO	46
5.2 ESCENARIO BASE DE EMISIONES	48
5.3 MEDIDAS DE REDUCCION DE EMISIONES	50
5.3.1 Descripción de las medidas de reducción de emisiones de MP10.	51
5.3.2 Independencia y complementariedad entre medidas	58



6.	PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE MP10	59
6.1	ANALISIS ENCUESTA VITAE	59
6.2	ESTIMACION DE EMISIONES	61
6.3	PROYECCION DEL CASO BASE	63
6.4	PROYECCION DE EMISIONES CON MEDIDAS	68
6.5	ANALISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS	71
7.	MODELO PARA ESTIMAR EMISIONES	73
7.1	MODELO DE EMISIONES EN ARCVIEW	73
7.1.2	Requerimientos	73
7.1.3	Instalación	73
7.1.4	Inicio de la Aplicación	76
7.1.5	Módulos	77
7.2	MODELO DE EMISIONES EN EXCEL	86
7.2.1	Aplicación del Modelo	87
8.	CONCLUSIONES	93
8.1	DEL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD	93
8.2	DEL CONSUMO DE LA LEÑA	94
8.3	DE LA ESTIMACION DE LAS EMISIONES	94
8.3.1	Proyección de emisiones sin medidas	95
8.3.2	Proyección de emisiones con medidas	96
9.	REFERENCIAS	97
10.	ANEXOS	99
A:	Calidad del aire por MP10 en Temuco y Padre Las Casas	
B:	Factores de emisión de MP10 por combustión a leña	
C:	Resultados aplicación planilla Emisiones.xls	
D:	Proyección de viviendas según nivel socioeconómico	



LISTA DE FIGURAS

FIGURA

3.1	Relieve de la zona de Temuco	19
3.2	Participación de las Emisiones de MP10 en Temuco y Padre Las Casas	20
4.1	Zonificación para el escenario de desarrollo urbano	27
4.2	Reconstitución de la población de la comuna de Padre Las Casas	31
4.3	Proyectos e hitos urbanos catastrados	35
4.4	Proyección del total de Viviendas	37
4.5	Proyección de porcentajes por estrato y año	39
4.6	Comparación proporciones estrato Bajo	40
4.7	Comparación proporciones estrato Medio	40
4.8	Comparación proporciones estrato Alto	41
4.9	Evolución proporción estrato Bajo por zona	41
4.10	Análisis de variación por zona, del estrato bajo	43
4.11	Análisis de variación por zona, del estrato Medio	43
6.1	Procedimiento para el cálculo de emisión de MP10	60
6.2	Proyección del número de viviendas según nivel socioeconómico	63
6.3	Consumo anual de leña (m ³) proyectado	64
6.4	Consumo de leña por artefacto y nivel socioeconómico según año de evaluación	65
6.5	Emisión anual de MP10 proyectada sin medidas según nivel Socioeconómico	66
6.6	Emisión de MP10 por artefacto y nivel socio-económico, utilizando Factores de Emisión máximos	67
6.7	Emisión de MP10 con y sin medidas según año de estimación	69
6.8	Evolución de emisiones de MP10 al considerar todas las medidas directas simultáneamente, según año de estimación	70
7.1	Ruta de instalación de los archivos del programa de Emisiones	74
7.2	Carpeta de instalación de la Extensión “emisiones.avx”	74

**FIGURA**

7.3	Archivos del directorio Emisiones	75
7.4	Forma de cargar la Extensión en ArcView3.x	76
7.5	Imagen de inicio de la aplicación	76
7.6	Módulo de Emisiones	77
7.7	Créditos de la Aplicación	78
7.8	Descripción sub-módulo Situación Base	78
7.9	Menú de cálculo de emisiones Situación Base	79
7.10	Resultados cálculo de Emisiones	79
7.11	Salidas gráficas del modelo	80
7.12	Distribución espacial de las emisiones (Ton/año)	81
7.13	Comparación de las emisiones en cada año de estudio (sin Medidas)	82
7.14	Tablas con parámetros modificables	83
7.15	Comparación de medidas	84
7.16	Menú de opción para fijar la meta de reducción	84
7.17	Gráfico comparación de medidas	85
7.18	Estructura del modelo Emisiones.xls	86
7.19	Planilla de calculo de emisiones, sin medidas	87
7.20	Explicación del modo de operación para la medida M1	88
7.21	Resultados del modelo Emisiones.xls	89
7.22	Resumen de medidas con salidas gráficas	90
7.23	Hoja de ingreso de resultados de la planilla Emisiones.xls	91
7.24	Traspaso de resultados de Emisiones.xls a Graficos.xls	92



LISTA DE TABLAS

TABLA

I	Proyección de Población y Viviendas en Temuco y Padre Las	11
II	Estimación de emisiones de MP10 (ton/año)	12
III.1	Resumen de concentraciones horarias y de 24 horas de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Estación Las Encinas Años 2001, 2002, 2003 y 2004 (valores de concentración validados)	22
III.2	Resumen de MP10. Estación Las Encinas Temuco ^{1/} .	23
III.3	Resumen de concentraciones horarias y de 24 horas de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Estación Padre Las Casas, años 2003 y 2004 (valores de concentración validados)	23
IV.1	Resultados estudio densidades del PRC Temuco y Padre las Casas	28
IV.2	Hogares por año y por estrato según PRC Temuco	30
IV.3	Población según censos INE	32
IV.4	Viviendas según censos INE	32
IV.5	Viviendas programadas Inmobiliaria Socovesa	33
IV.6	Comparación de totales de viviendas según distintos estudios	36
IV.7	Proyección del total de viviendas	37
IV.8	Comparación de la partición (%) por estratos en distintos estudios	38
IV.9	Proyección de porcentajes por estrato y año	39
IV.10	Proyección de porcentaje por zona, estrato y año	42
IV.11	Vectores de hogares por estrato, zona y año	45
V.1	Factores emisivos de MP10 Máximos	46
V.2	Factores emisivos de MP10 Promedios	47
V.3	Factores emisivos de MP10 Mínimos	47
V.4	Distribución de equipos que usan leña según nivel socioeconómico (2001)	48
V.5	Consumo de leña ($\text{m}^3/\text{año}$) por tipo de artefacto y nivel socioeconómico 2001	49
V.6	Consumo de leña ($\text{m}^3/\text{año}$) según nivel socioeconómico y artefacto	49
V.7	Porcentaje de calefactores respecto al total de equipos a leña, y de equipos afectos a la medida según nivel socioeconómico	52

**TABLA**

V.8	Número de calefactores afectos a medida M2, y su distribución porcentual según nivel socioeconómico	53
V.9	Distribución porcentual de los equipos sujetos a la medida M3	54
V.10	Distribución porcentual del número de cocinas a leña del total de artefactos a leña según nivel socioeconómico y año de evaluación	55
V.11	Distribución porcentual del consumo de leña seca según año de evaluación y nivel socioeconómico	56
V.12	Consumo de leña seca (m ³ /año) y Distribución porcentual según nivel socioeconómico y año de evaluación de la medida	57
V.13	Consumo de leña afecto a medidas de control de emisiones 2007	58
VI.1	Probabilidad de uso por artefacto y Nivel Socioeconómico	60
VI.2	Tasa de recambio de cocinas a leña por gas	61
VI.3	Estimación de emisiones de MP10 según nivel socioeconómico y tipo de artefacto a leña. Año Base 2001	62
VI.4	Emisión de MP10 (ton/año) por tipo de artefacto – 2001	62
VI.5	Consumo de leña por equipo y año de evaluación	64
VI.6	Proyección de emisiones sin medidas (ton/año), utilizando factores de emisión máximos	66
VI.7	Descripción medidas de reducción de emisiones de MP10	68
VI.8	Emisión anual (Ton/año) de MP10 según medidas de control de emisiones	68
VI.9	Delta de emisiones (Ton/año) según medida respecto a la situación base	68
VI.10	Porcentaje de reducción por medida	69
VI.11	Reducción porcentual de las emisiones según medidas y año de evaluación	71
VI.12	Emisión de MP10 (Ton/año), debido a combustión de leña y gas licuado	72



RESUMEN EJECUTIVO

La contaminación del aire por materia particulada (MP10) en Temuco y Padre Las Casas ha sido medida desde 1997 a través de monitoreos exploratorios, y desde mediados del año 2000 con mediciones continuas. Los valores observados demuestran que las concentraciones de MP10 representan riesgos para la salud de la población debido a sus altas concentraciones principalmente en el período otoño-invierno, lo que ha originado la reacción de las autoridades encargadas de velar por el bienestar de la población. Es así como la Comisión Nacional del Medioambiente de la Región de la Araucanía, ha decidido encarar la problemática a través de una serie de estudios que permitan generar los antecedentes necesarios para determinar la estrategia óptima que conjugue la disminución de emisiones necesarias para alcanzar niveles de concentración de contaminantes seguros, con la realidad cultural, social, y económica de las ciudades de ésta región.

Una de las principales causas de las altas concentraciones de MP10 es la emisión de partículas provenientes de la quema residencial de leña para fines de calefacción y cocina, fenómeno que caracteriza a varias ciudades del sur de nuestro país. Es así como este estudio consistió en el diseño de escenarios, la estimación del potencial de reducción de emisiones de un conjunto de medidas, la revisión y sistematización, todo lo anterior enfocado a la principal actividad emisora: la combustión residencial de leña.

El diseño de escenarios de emisión es una etapa básica dentro de un Plan de Aire, la cual incluye entre otros aspectos, la definición de la línea base, un análisis del comportamiento (transporte, dispersión, generación) de la contaminación atmosférica, la definición de metas de reducción de emisiones para distintas fuentes, la evaluación en términos de impacto en salud y económica de las medidas propuestas.

La definición de línea base corresponde a la caracterización de las condiciones iniciales sobre las cuales se compararán las proyecciones de escenarios futuros, y el efecto de las medidas específicas del Plan. Esta línea base debe considerar las condiciones de calidad de aire, las emisiones, y la distribución de responsabilidades de esas emisiones.

El análisis del comportamiento de contaminación atmosférica consiste en determinar las relaciones entre niveles de emisión y su efecto en concentración de contaminantes. El objetivo, es poder estimar la reducción necesaria de emisiones que permitan revertir la condición de saturación (meta global de emisiones). Para el caso específico de la contaminación atmosférica, este análisis requiere de la aplicación de modelos de dispersión-formación de contaminantes.

Las metas de reducción de emisiones requeridas por la reglamentación, consisten en la definición de los montos a reducir por cada actividad (fuentes emisoras) y los plazos en que dichas reducciones se deben cumplir. Además pueden incluir medidas específicas orientadas



la educación ambiental y medidas de carácter voluntario. Especial énfasis se da al desarrollo de un Plan operacional frente a episodios de emergencia.

Este estudio se centró en la definición de escenarios de crecimiento urbano para las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, y en la estructuración de los escenarios (base y futuro) de emisiones de MP10 generadas por el uso residencial de la leña, así como en la evaluación del potencial de reducción de emisiones de las medidas.

Definición del Escenario Base:

El año base para la definición de los escenarios de desarrollo urbano y de emisiones corresponde al 2001. Esta selección se basó en las siguientes razones señaladas por CONAMA Región de la Araucanía:

- i) Inicio de la medición con procedimientos oficiales de MP10.
- ii) Inicio de la aplicación de medidas de gestión orientadas a sensibilizar a la comunidad, la promoción del mejoramiento de calefactores a leña y el involucramiento de los comerciantes de leña con el objeto de promover una mejor calidad energética del combustible.
- iii) La mayor parte de la información disponible y recopilada tiene como año referencia el 2001 (menor nivel de incertidumbre)

Análisis de la calidad del Aire

El análisis de las concentraciones de MP10 en Temuco y Padre Las Casas consistió en la recopilación de la información relacionada a los programas de monitoreo efectuados en la ciudad en los últimos años. Entre noviembre de 1997 y diciembre del año 2000 se realizó un monitoreo de material particulado respirable de carácter exploratorio con muestreadores gravimétricos del tipo Impactador Harvard, y a partir de julio del 2000 con un equipo TEOM continuo.

Entre Enero y Abril del año 2001 se configuró el equipo TEOM a una temperatura de 30°C, sobreestimando los valores de las concentraciones de MP10. Con el objeto de no invalidar este periodo de medición, en este estudio se exploraron varios métodos para mantener la data del periodo (Enero-Abril) y con esto responder a lo señalado en la normativa DS45/2001. Cabe enfatizar que todos los métodos conllevan un nivel de incertidumbre, pero se seleccionó el que está basado en datos experimentales.

El método de corrección consistió en aplicar una ecuación de ajuste a las concentraciones medidas con el equipo seteado a 30°C. La ecuación se desarrolló a partir de los datos generados en un estudio internacional [4] en el cual se obtienen concentraciones de MP10 en



condiciones de acondicionamiento del TEOM a 50°C y paralelamente a 30°C, y comparadas con el método de referencia de los Estados Unidos.

Proyección de escenarios futuros

La proyección del desarrollo urbano de las comunas en estudio se basó en distintos antecedentes respecto del desarrollo urbano de la conurbación Temuco-Padre Las Casas, sistematizando la información, lo que permitió finalmente definir las proyecciones definitivas que alimentaran el modelo de estimación de emisiones residencial por combustión de leña.

Para estructurar el escenario de desarrollo urbano se consideraron una serie de estudios desarrollados para la ciudad. Así se consultaron el Plan Regulador Comunal de Temuco, estudios de SECTRA, estudio de VITAE, el INE, y otros estudios de caracterización socioeconómica de la población.

La zonificación utilizada en la elaboración del desarrollo urbano consideró 50 zonas que corresponden a subdivisiones de los 14 distritos censales urbanos, coincidiendo en gran parte con las zonas censales de dichos distritos. Esta zonificación corresponde a la utilizada en el estudio de barrios que da sustento al plan regulador de Temuco, y que considera zonas en el área urbana de Padre Las Casas.

Para la proyección del total de hogares se obtuvo que en general todos los estudios coinciden en una tasa de crecimiento entre 2,5 a 3,5% anual. Al respecto se tomó la decisión de proyectar el número de hogares en función de la información oficial INE (censos).

Para diferenciar los hogares por estratos socioeconómicos, también se hizo un análisis comparativo de los distintos estudios. En este punto se detectó una inconsistencia en el porcentaje de estrato bajo entre los estudios, por lo que se decidió considerar los valores de los estudios avalados por encuestas (SECTRA, VITAE).

Respecto de la distribución espacial de los hogares, diferenciados por estratos, se identificó bastante consistencia “espacial” entre los estudios. Por lo anterior se recogieron las mismas directrices espaciales seguidas por estos. Cabe mencionar que estas tendencias fueron validadas con información de proyectos inmobiliarios programados, resultando ser bastante consistentes.

A partir de las decisiones anteriores y las proyecciones realizadas, los resultados se resumen en la Tabla 1.

**Tabla I Proyección de Población y Viviendas en Temuco y Padre Las Casas**

AÑO	POBLACION*	N° de VIVIENDAS			
		BAJO	MEDIO	ALTO	TOTAL
2001	256.122	41.587	21.086	6.549	69.222
2002	260.783	41.931	21.991	7.161	71.084
2003	272.470	42.637	23.133	7.871	73.640
2004	282.269	43.339	24.328	8.622	76.289
2005	292.420	44.037	25.579	9.417	79.032
2006	302.937	44.966	26.801	10.108	81.875
2007	313.831	45.905	28.078	10.836	84.819
2008	325.118	46.853	29.413	11.604	87.870
2009	336.810	47.811	30.807	12.412	91.030
2010	348.923	48.776	32.263	13.264	94.304
2011	361.472	49.750	33.784	14.161	97.695
2012	374.471	50.730	35.373	15.106	101.208
2013	387.939	51.716	37.032	16.100	104.848
2014	401.890	52.708	38.766	17.146	108.619
2015	416.344	53.704	40.575	18.246	112.525
2016	431.317	54.703	42.465	19.404	116.572
2017	446.829	55.705	44.438	20.621	120.765

* : considera tasa media de habitantes por vivienda según censo 2002

Proyección de emisiones

Dado que el Plan de Aire requiere desarrollar medidas para el control de emisiones, se hace necesario estimar dichas emisiones por tipo de fuente y determinar así los aportes de cada una de ellas bajo distintos escenarios de control. La proyección de emisiones se hizo en base a factores de emisión por tipo de artefacto del hogar utilizado en calefacción y cocina, y desagregado por nivel socioeconómico.

El potencial de reducción de emisiones se obtuvo al implementar diversas medidas orientadas a las buenas prácticas de operación de los equipos a leña, mejoramiento de la leña, y normas de emisión.

Uno de los elementos más sensibles en la estimación de emisiones para la combustión residencial de leña, es el uso del factor de emisión (g MP10/Kg leña), el cual al multiplicarlo por el consumo de leña (Kg/año), entrega los Kg de MP10/año. Una variación en el factor producirá una alteración directamente proporcional en la estimación de la emisión. El factor de emisión es un parámetro que debe ser determinado experimentalmente para cada equipo, pues depende de muchos elementos, entre ellos; el tamaño del equipo, cantidad de leña consumida, contenido de humedad de la leña, condiciones de operación y mantención de los equipos. No existen factores de emisión que hayan sido medidos para los equipos de la ciudad de Temuco, por tanto en este estudio se ha realizado una compilación de factores entregados



por CONAMA y de la literatura internacional, y de ellos se observa que existe una alta variabilidad. Tal es el caso para un calefactor sin mantención y usado leña muy húmeda, posee un factor de emisión de 30 g MP10/Kg leña. Al usar uno de última tecnología y con leña seca, el factor puede llegar a valores del orden de 1.5 g MP10/Kg de leña ó aún menores.

Para fines de este estudio, se realizaron simulaciones para la situación base, con los factores máximos, mínimos y promedios, para cada equipo y condiciones de humedad de la leña. Los resultados muestran la sensibilidad en el cálculos de emisiones, la cuales se ven afectadas además del factor, por los niveles de consumo de leña, los cuales difieren grandemente entre equipos y niveles socioeconómicos. La Tabla 2 resume la información.

Tabla II Estimación de emisiones de MP10 (ton/año)

Año	Factor de Emisión		
	Mínimo	Promedio	Máximo
2001	1321	2296	3270
2007	1352	2332	3312
2010	1409	2417	3425
2015	1544	2627	3711

En este estudio, y para fines de evaluar las medidas propuestas por CONAMA, se ha optado por ser conservadores y se utilizaron los factores máximos según artefacto a leña, para la situación base y para las distintas medidas. Este ejercicio sirvió como metodología de análisis para probar el modelo de estimación de emisiones desarrollado, pero se reconoce la necesidad de estimar más precisamente los factores de emisión en forma experimental que reflejen la realidad local de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas.

Las medidas han sido evaluadas solamente desde el punto de vista de su impacto en la emisión de MP10, sin embargo, se deben considerar otros elementos al momento de decidir su implementación. Entre los factores a considerar están los económicos, de impacto social, cultural y tecnológico.

Las medidas evaluadas sobre el control de emisiones por combustión residencial de la leña no son las únicas factibles de implementar en un Plan de Aire en Temuco y Padre Las Casas, son quizás las más inmediatas, pero existe una variedad de opciones y combinación de ellas que se deben evaluar en el contexto de su aplicabilidad y factibilidad en la región.



Conclusiones y Recomendaciones

Se cumplió con el objetivo de estructurar un escenario de desarrollo urbano para la ciudad de Temuco y Padre Las Casas, el cual surge del análisis de consistencia de una serie de estudios al respecto. En general todos los estudios coinciden en una tasa de crecimiento de los hogares de entre 2,5 a 3,5% anual. Por lo anterior, se tomó la decisión de proyectar el número de hogares en función de la información oficial INE (censos), llegando a un total al 2015 de 112.525 hogares.

La participación por estrato socioeconómico del total de hogares, se realizó también en base a un análisis comparativo de distintos estudios. En este punto se detectó una inconsistencia entre los estudios de VITAE y SECTRA, con respecto a los valores planteados por el Plan Regulador Comunal. En definitiva se optó por los primeros estudios, pues se basaron en respectivas encuestas, y no en métodos indirectos, como los utilizados por el Plan Regulador Comunal.

Las proyecciones muestran que al 2015, el estrato bajo llega a un total de 53.704 hogares, el estrato medio a 40.575 hogares, y el estrato alto a 18.246 hogares. El estrato que más varía en el período 2000-2015 es el bajo, el cual disminuye en un 13,5%. El estrato alto aumenta en un 7,4%, y el estrato medio aumenta en un 6,1%.

El consumo de leña se incrementará en Temuco y Padre Las Casas en un 2.9% al 2007, en un 7.6% al 2010, y en un 18.6% al 2015, producto del crecimiento de las ciudades. La distribución de este crecimiento según nivel socioeconómico muestra que para el nivel Alto, el consumo es siempre creciente, no así para el nivel Medio, el cual al 2007 presenta una disminución para luego incrementarse nuevamente hasta el 2015. El consumo de leña para el nivel Bajo presenta una tendencia negativa, es decir, decrece para todos los años. Esto se debe a que según las proyecciones de crecimiento urbano de las ciudades en estudio, el nivel Bajo disminuye mientras que los otros aumentan.

Los mayores consumos de leña corresponden a los niveles Medios y Bajos, con un 44.7% y 48.5%, respectivamente, mientras que el nivel Alto representa sólo el 6.8% del consumo de leña total en Temuco y Padre Las Casas.

Uno de los elementos sensibles en la estimación de las emisiones de MP10 es el Factor de Emisión (FE) por artefacto que usa leña. No existen FE que hayan sido medidos para los equipos de la ciudad de Temuco, por tanto en este estudio se han recopilado FE de muchas referencias, y se ha optado por ser conservadores y utilizar, para fines de evaluar el modelo de estimación de emisiones desarrollado, los FE máximos según artefacto a leña. La incertidumbre de este parámetro queda demostrada al utilizar los valores mínimos, máximos, y promedios encontrados en la literatura tanto nacional como extranjeros. Es así como las emisiones totales en Temuco y Padre Las Casas podrían variar entre 1321 a 3270 ton/año para el 2001 (año Base), y 1544 a 3711 ton/año al 2015.



Se recomienda llevar a cabo un estudio que permita reducir la incertidumbre de los FE de los equipos que usan leña en Temuco y Padre Las Casas. Para esto se debería considerar una muestra representativa por nivel socioeconómico y tipo de artefacto. Para

Las medidas han sido evaluadas solamente desde el punto de vista de su impacto en la emisión de MP10, sin embargo, se deben considerar otros elementos al momento de decidir su implementación. Entre los factores a considerar están los económicos, de impacto social, cultural, etc.

Las seis medidas evaluadas no son las únicas factibles de implementar en un Plan de Gestión del Aire en Temuco y Padre Las Casas. Son quizás las más inmediatas pero existe una variedad de opciones y combinación de ellas que se deben evaluar en el contexto de su aplicabilidad y factibilidad en la región.

Este estudio muestra que de no tomar acciones sobre las emisiones de MP10 en los equipos de combustión residencial, se esperaría un crecimiento de 1.3%, 4.7%, y 13.5%, de las emisiones al año 2007, 2010, y 2015, respectivamente, respecto al año base (2001).

La estufa simple es la mayor fuente de emisión de materia particulada para los niveles Alto y Medio, y dicha emisión, además presenta una tendencia creciente. Para el nivel Bajo, la emisión de MP10 proviene principalmente de la combustión de leña para cocinar, sin embargo, dicha emisión va disminuyendo en el tiempo.

Respecto a las emisiones según nivel socioeconómicos, los resultados indican que el nivel Alto es el que menos aporta a las emisiones de MP10 provenientes de la combustión residencial de leña (6.3% el 2001), y que los niveles Medio y Bajo serían los responsables del 42.5% y 51.2%, respectivamente de las emisiones al año 2001. Cabe notar que la distribución de emisiones por nivel socioeconómico y año de evaluación sigue un patrón similar al consumo de leña, sin embargo, a partir del año 2010, el consumo del nivel Medio supera al del nivel Bajo, no así en las emisiones, en que ese patrón se observa sólo en el 2015.

Al comparar la proyección de emisiones de MP10 producto de la combustión residencial de leña, con y sin medidas para reducir las emisiones, se encuentra que existe un amplio rango de variación. Para el año 2007 se espera una reducción entre un 1.1% y un 48%, un 3.4% y un 42.6% para el año 2010, y un 4.2% a 34% para el año 2015, dependiendo de que medida se aplique.

La medida con mayor potencial de reducción de emisiones de MP10 es la M4 (cambio de cocinas a leña por cocinas a gas), la que genera reducciones en un 48% al 2007, 42.5% al 2010, y 34% al 2015. Esta gran disminución se justifica por el alto consumo de leña que se utiliza en las cocinas en Temuco y Padre Las Casas.



Las medidas M1 (norma de emisión para calefactores nuevos) y M5 (incremento de un 5% anual de la leña seca), tienen efectos a largo plazo, cuando el número de estufas nuevas sea mayor, y cuando el porcentaje de leña seca sea también más significativo.

La medida M2 (promoción de buenas prácticas de operación de los equipos) resalta por su gran aporte a la disminución de emisiones, rescatándose la importancia de aplicar programas que apunten a las buenas prácticas de operación en los equipos de combustión residencial.

La medida M6 (prohibición de venta de leña húmeda), es la segunda en importancia para reducir las emisiones, destacando la necesidad de aplicar programas y medias para el manejo y la comercialización de leña seca en Temuco y Padre Las Casas.

La medida M3 (restricción de sistemas abiertos) es una de las que produce las menores reducciones (menos del 5%), y esto se debe por una parte, a que la combustión de salamandras y chimeneas representan sólo el 11% de las emisiones de MP10, y que además la medida considera que el consumo de leña de salamandras y chimeneas se traspa a estufas.

Al aplicar simultáneamente las medidas independientes (M1, M3, M4, y M6) se logra una reducción del 75% de las emisiones, respecto de la evolución sin medidas.

Desarrollo futuro

A fin de complementar los resultados de este estudio, el cual se centró sólo en las emisiones residenciales de leña, se hace necesario, en el marco de un Plan de Aire, incorporar en el análisis las otras fuentes de MP10, tales como el transporte y las actividades industriales. Además de los estudios de modelación de calidad del aire asociadas a los distintos escenarios de emisión, y las evaluaciones del impacto en salud y económicas de cada una de las medidas del Plan. No obstante lo anterior, los resultados de este estudio, servirán de insumo para el diseño y formulación del Plan.



1. INTRODUCCION

La Comisión del Medio Ambiente Región de La Araucanía (CONAMA IX) ha realizado monitoreos de material particulado respirable (PM10) desde 1997 a la fecha, cuyos resultados indican la existencia de altas concentraciones de este contaminante que ha superado el valor de la norma en varios días. Por esta razón CONAMA IX está formulando un Plan de Aire a fin de llegar a niveles de este contaminante que aseguren la protección a la población.

De los estudios que avalan el Plan de Aire, se desprende que uno de los principales aportes al MP10 corresponde a las emisiones de combustión residencial de leña. Es así como este estudio consistió en compilar, sistematizar, e informatizar la línea base de emisiones residenciales, a fin de contar con una herramienta que permita evaluar en forma rápida escenarios de emisiones, las que serán utilizadas posteriormente para evaluar su impacto sobre la calidad del aire de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas.

Los habitantes de Temuco y Padre Las Casas siempre han utilizado la leña para calefaccionar sus hogares y para cocinar, sin embargo, esta práctica es una de las causas principales de emisiones de materia particulada y gases que en algunas ocasiones hacen elevar las concentraciones de contaminantes por sobre las normas de calidad del aire.

La reducción de las emisiones de MP10 contribuye significativamente a mejorar la salud de la población además de permitir un ahorro por concepto de una mayor eficiencia de calefacción. Las estrategias para reducir las emisiones de MP10 de la combustión de biomasa implican una amplia gama que va desde la educación y buenas prácticas de uso de los equipos, hasta restricciones en el uso de sistemas abiertos y estándares de emisión.



2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este estudio es sistematizar la información respecto de la línea base ambiental de emisiones de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, y del efecto sobre esta línea base de distintos escenarios de gestión de emisiones propuestos por el plan de reducción de emisiones.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El logro del objetivo general, contempla los siguientes objetivos específicos:

- Contar con una descripción y predicción de la dinámica espacial de crecimiento de la ciudad y de las actividades que en ella se realizan (población y número de viviendas como unidades emisoras principales).
- Definir y proyectar los efectos de la implementación de distintos escenarios de emisión, con y sin la implementación de las medidas, para los años 2007, 2010 y 2015.
- Cartografiar los distintos escenarios de emisión.
- Implementar una interfase computacional en plataforma SIG, que permita modificar parámetros tanto en la proyección del crecimiento de la ciudad, como en los escenarios de emisión.



3. DISEÑO DEL AÑO BASE

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS

- **Situación geográfica y factores meteorológicos**

Una de las características importantes para explicar el deterioro que ha sufrido la calidad del aire de la ciudad de Temuco, se asocia a su ubicación geográfica y a factores meteorológicos, los cuales influyen sobre todo en período invernal.

La ciudad de Temuco, capital de la IX región, se ubica a 674 Km. al sur de Santiago, a riberas del río Cautín y en la depresión intermedia de la región a 38°46' Latitud Sur y 72°38' Longitud Oeste.

La comuna de Temuco limita al norte con las comunas de Lautaro y Galvarino, al sur-este con Padre Las Casas, separadas ambas comunas por el río Cautín, al Este con Lautaro y Vilcún, y al Oeste con Nueva Imperial.

Las comunas de Temuco y Padre Las Casas (constituida como comuna solo desde 1997) ocupan una superficie de 875,7 km², lo que corresponde al 2,7% del territorio regional.

Las características topográficas de la ciudad dan paso a que los niveles de contaminación se concentren en las áreas de planicie y terraza inferior del río Cautín, las que por su condición de ribera favorecen la presencia de neblina en épocas invernales, a causa de las bajas temperaturas.

El relieve de la zona de Temuco, como se aprecia en la Figura 3.1, está constituido al Norponiente por el cerro Ñielol, con una altura de 340 mt, y por el Sur-Este el cerro Conun Hueno, que alcanza una altura de 350mts.

En este mismo contexto, en base a su altitud, se tiene que el área bajo estudio se puede dividir en una zona de altura mayor, Planicie o Valle Central, y Terraza inferior del río Cautín con 107, 100 y 90 m.s.n.m., respectivamente.

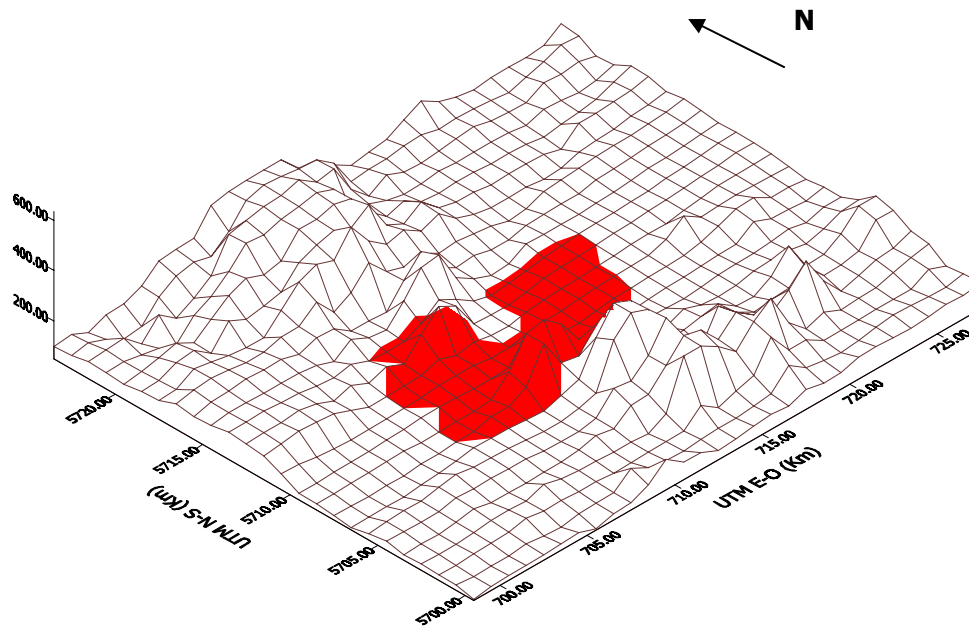


Figura 3.1[9]. Relieve de la zona de Temuco

Del estudio efectuado por CENMA [3] enfocado a variables meteorológicas y campos de vientos, se desprende que en la ciudad de Temuco, en general los días con mala ventilación ($u < 1.5\text{m/s}$) se asocian a los niveles más altos de contaminación atmosférica, con temperaturas matinales muy bajas y flujo Norte y Noreste principalmente. Las horas de mayor contaminación coinciden con las horas de vientos más débiles, lo que indica que la contaminación tiene un origen principalmente local.

- **Crecimiento de la ciudad**

Otro factor que contribuye a la contaminación atmosférica de la ciudad de Temuco, lo constituye su acelerado crecimiento sumado a los altos niveles de pobreza y bajos índices de desarrollo humano. El aumento de la población y el correspondiente incremento en la demanda energética, ha producido un deterioro en la calidad del aire por emisiones de fuentes residenciales de calefacción y cocina a leña.



- **Fuentes contaminantes**

De acuerdo al inventario de emisiones para material particulado MP10, elaborado por CENMA el año 2001 [3], se desprende que de las distintas actividades antropogénicas, la principal fuente corresponde a la combustión residencial a leña, siendo responsable del 73.67% de las emisiones. Ver Figura 3.2.

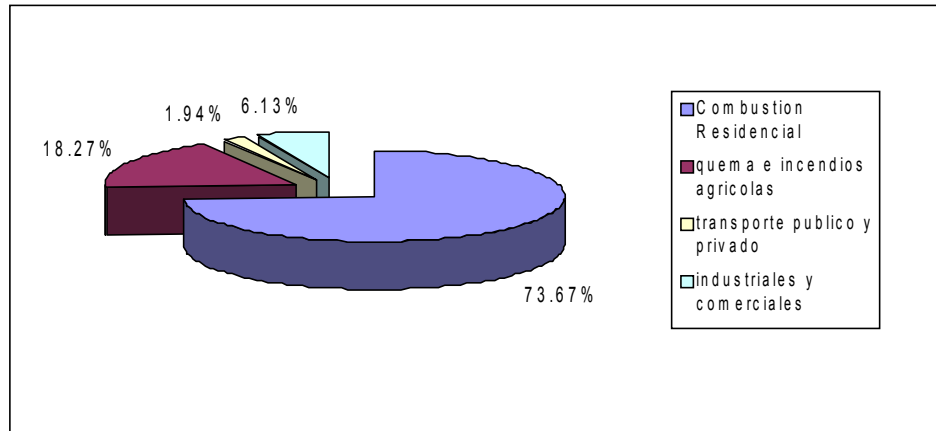


Figura 3.2 Participación de las Emisiones de MP10 en Temuco y Padre Las Casas

En relación a las fuentes puntuales, la zona se caracteriza por tener pocas fuentes de gran tamaño a ser consideradas como megafuentes, sino más bien destaca la presencia de fuentes de mediano tamaño. En relación al sector industrial, en su mayoría madereras, forestales y panaderías, las emisiones generadas provienen principalmente de los combustibles utilizados en calderas industriales y hornos, en los cuales mayoritariamente se utiliza leña y/o petróleo.

Cabe señalar, además, que los resultados asociados a emisiones por calles sin pavimentar poseen un elevado grado de incertidumbre debido a la falta de datos reales en la estimación de los flujos vehiculares de las ciudades.

En lo que se refiere a las emisiones provenientes de las quemas e incendios forestales, están localizadas fuera del radio urbano, y tienen lugar preferentemente en el periodo primavera-verano.



3.2 RESUMEN MONITOREO DE MP10

Desde noviembre de 1997 a diciembre de 2000 se realizó un monitoreo de material particulado respirable de carácter exploratorio. Los instrumentos utilizados correspondieron a muestreadores gravimétricos del tipo Impactador Harvard. El monitoreo fue realizado por 24 horas continuas cada 4 días (1 día sí, 3 días no) en distintos puntos de la ciudad.

En el marco del estudio “Mediciones meteorológicas y de calidad de aire en Temuco y Rancagua para la obtención de antecedentes técnico-científicos para la generación de la norma de calidad primaria para material particulado fino MP2.5 (CONAMA 2000)”, a mediados del año 2000 se habilitó la estación de monitoreo continuo Las Encinas. Dicha estación reporta datos de monitoreo de MP10 desde julio del 2000 hasta la fecha en curso. Por otro lado, la estación Padre Las Casas funciona desde abril 2002, presentando ese año un porcentaje alto de pérdidas de datos por lo cual es considerado no válido. Sin embargo, a comienzos del año 2003 esta estación se unió a la entrega de valores de concentraciones de MP10 en forma regular, registrando el 90% de los datos como válidos, permaneciendo dentro del rango aceptado por la norma. La estación Las Encinas registra un 98% de datos válidos, manteniendo el mismo nivel de datos válidos que para el 2002 e incrementando cerca de un 30% respecto al 2001.

Las Tablas III.1 a la III.3 resumen la información procesada de las estaciones Las Encinas y Padre Las Casas. La información de promedios diarios de 24 h de las concentraciones de MP10 para los años en cuestión se encuentran en el Anexo A.

Los datos para los meses de Enero a Abril del año 2001 fueron ajustados para corregir el seteo de 30°C que se utilizó durante ese período, en vez de los 50°C que es lo recomendado para el equipo TEOM. La explicación del método de ajuste se entrega en el Anexo A.



**Tabla III.1 Resumen de concentraciones horarias y de 24 horas de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Estación Las Encinas
Años 2001, 2002, 2003 y 2004 (valores de concentración validados)**

Año	Parámetro	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
2001_Sin Ajuste	Máximo Horario	341	780	1069	1156	1150	1067	933	632	464	294	164	280
	Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	77	115	271	211	164	231	188	144	101	62	52	64
	Promedio Mensual	41	63	77	107	53	73	56	65	47	32	30	41
	Nº de días >120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			4	8	3	6	3	4				
	Nº de días >150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (15)	0	0	2	5	2	4	2	0	0	0	0	0
2001_Con Ajuste	Máximo Horario	332	758	1040	1124	1150	1067	933	632	464	294	164	280
	Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	75	112	264	205	164	231	188	144	101	62	52	64
	Promedio Mensual	39	61	74	104	53	73	56	65	47	32	30	41
	Nº de días >120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0	4	8	3	6	3	4	0	0	0	0
	Nº de días >150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (15)	0	0	2	5	2	4	2	0	0	0	0	0
2002	Máximo Horario	249	474	145	715	663	944	543	384	313	213	108	174
	Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	74	109	58	128	223	264	141	76	87	41	31	36
	Promedio Mensual	38	45	32	58	56	76	72	39	38	25	19	26
	Nº de días >120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	1	2	8	6	-	-	-	-	-
	Nº de días >150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (5)	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0
2003	Máximo Horario	125	223	218	579	812	672	1091	639	339	163	202	184
	Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	43	46	51	126	149	153	321	176	72	49	44	41
	Promedio Mensual	27	34	29	39	82	53	90	65	36	27	24	24
	Nº de días >120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	1	5	4	10	1	-	-	-	-
	Nº de días >150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (8)	0	0	0	0	0	1	6	1	0	0	0	0
2004	Máximo Horario	220	342	744	683	990	915	759					
	Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	64	93	172	166	229	211	134					
	Promedio Mensual	35	41	47	52	107	56	48					
	Nº de días Sobre norma (15)	0	0	1	1	8	2	0					



Tabla III.2 Resumen de MP10. Estación Las Encinas Temuco^{1/}.

Año	Nº de días concentración mayor a 150 µg/ m ³ N	Percentil 98	Concentración promedio anual µg/m ³ N
2001	15 ^{2/}	188	56
2002	5	140	44
2003	8	152	44
2004	15 ^{3/}		

1/ datos corregidos

2/ para el año 2001 los datos de Enero a Abril , incluyen factor de ajuste.

3/ Datos hasta 31.07.04

Tabla III.3 Resumen de concentraciones horarias y de 24 horas de MP10 (µg/m³) Estación Padre Las Casas, años 2003 y 2004 (valores de concentración validados)

	Parámetro	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
2003	Máximo Horario	80	115	176	405	578	543	569	513	315	146	110	73
	Máximo 24 hrs	35	51	67	141	99	114	135	95	58	42	54	27
	Promedio Mensual	22	31	38	63	56	43	57	45	33	27	26	20
	Nº de días sobre 120 ug/m3	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
	Nº de días Sobre 150 ug/m3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	Máximo Horario	--	172	205	433	802							
	Máximo 24 hrs	--	86	118	134	214							
	Promedio Mensual	--	38	42	45	100							
	Nº de días sobre 120 ug/m3	--	0	1	1	9							
	Nº de días Sobre 150 ug/m3	--	0	0	0	5							

Enero 2004: Estación fuera de servicio por falla técnica.

El análisis de días de excedencia de la norma de MP10 de 150 µg/m³ promedio aritmético de 24 horas, indica que para el caso de la estación Las Encinas, la norma fue sobrepasada en 15, 5, y 8 días, en los años 2001, 2002 y 2003, respectivamente. Para el año 2004, las mediciones hasta Julio, indican 15 días sobre el valor de la norma. En cuanto a la estación ubicada en Padre Las Casas, no se registraron días de excedencia de la norma de MP10 para el año 2003.



3.2 SELECCIÓN DEL AÑO BASE

El 2001 ha sido considerado por CONAMA Región de la Araucanía, como Año Base para la definición de los escenarios de desarrollo urbano y de emisiones. Esta selección se basó en las siguientes razones:

- i) Inicio de la medición con procedimientos oficiales de MP10.
- ii) Inicio de la aplicación de medidas de gestión orientadas a sensibilizar a la comunidad, la promoción del mejoramiento de calefactores a leña y el involucramiento de los comerciantes de leña con el objeto de promover una mejor calidad energética del combustible.
- iii) La mayor parte de la información disponible y recopilada tiene como año referencia el 2001 (menor nivel de incertidumbre)

Entre Enero y Abril del año 2001 se configuró el equipo TEOM a una temperatura de 30°C, sobreestimando los valores de las concentraciones de MP10, sin embargo, en base a lo establecido en el D.S. N° 59/1998, artículo 7, el método de medición indicado corresponde al asociado al equipo TEOM por lo que los valores de concentraciones de MP10 en el marco de la generación del escenario base deben estar referidos a este procedimiento de medición.

Con el objeto de no invalidar este periodo de medición, en este estudio se exploraron varios métodos para mantener la data del periodo (Enero-Abril del 2001) y con esto responder a lo señalado en la normativa DS45/2001. Cabe enfatizar que todos los métodos conllevan un nivel de incertidumbre, pero se seleccionó el que está basado en datos experimentales.

El método de corrección consistió en aplicar una ecuación de ajuste a las concentraciones medidas con el equipo seteado a 30°C. La ecuación se desarrolló a partir de los datos generados en un estudio internacional [4] en el cual se obtienen concentraciones de MP10 en condiciones de acondicionamiento del TEOM a 50°C y paralelamente a 30°C, y comparadas con el método de referencia de los Estados Unidos. En el Anexo A (A.1.1) se desarrolla la metodología de ajuste de datos.



4. ESCENARIO DE DESARROLLO URBANO

La construcción de un escenario de desarrollo urbano no es una tarea fácil. El fenómeno urbano es muy complejo de entender, y en definitiva de predecir. Los lineamientos tradicionales de predicción del desarrollo urbano es a través de exhaustivos catastros de proyectos inmobiliarios (SECTRA), o en otros casos modelos bastantes sofisticados, complejos de entender y aplicar (modelo de uso de suelo de Santiago, MUSSA).

En este contexto, el objetivo de este capítulo es el de recopilar distintos antecedentes respecto del desarrollo urbano de la conurbación Temuco-Padre Las Casas, sistematizar la información, y finalmente definir las proyecciones definitivas que alimentaran el modelo de estimación de emisiones por combustión de leña.

El capítulo se estructura con un primer análisis de las implicancias de la normativa vigente, luego se analizan otros estudios realizados para el área de estudio. Finalmente se estructuran y deciden las proyecciones de las cantidades globales, y de las distribuciones espaciales de las mismas.

4.1 ANALISIS DE LA NORMATIVA TERRITORIAL VIGENTE PRC

La comuna de Temuco esta en proceso de aprobación de su nuevo Plan Regulador Comunal (PRC), mientras que la comuna de Padre Las Casas esta elaborando su instrumento normativo.

Tanto los planos reguladores de Temuco y Padre las Casas zonifican el territorio asignando usos de suelo permitidos y prohibidos, con lo cual se espacializa las actividades en el territorio, lo que le permite determinar las zonas de expansión de las áreas edificables, delimita las no edificables y las de edificación restringida, establece las condiciones de uso de áreas que presentan limitaciones, etc.

Otra área de competencia de los PRC es establecer las normas de edificación, con las cuales determina los volúmenes edificables y su relación con el predio en que se emplazan y los predios vecinos.

Junto a lo anterior el PRC se pronuncia respecto de las condiciones de urbanización, estructura vial en relación con su localización, perfil y características constructivas, la concentración o atomización de las áreas verdes, el mobiliario urbano que permite determinar la calidad del espacio público incidiendo en aspectos tales como la habitabilidad y calidad de vida, promueve la conectividad de las diferentes áreas urbanas.



Los lineamientos principales del PRC de Temuco son los siguientes:

1. Mantener como áreas urbanas las existentes, generando áreas de expansión condicionadas, las que aumentan discretamente las áreas potencialmente edificables de la localidad de Labranza y Temuco, sin generar nuevos núcleos urbanos ni conurbaciones entre dichos polos.
2. Junto a lo anterior, con el objetivo de dar cabida al crecimiento de la población proyectada para los próximos 20 años, la normativa diseñada propiciará la densificación del casco central estimulando el crecimiento por densificación, favoreciendo la renovación urbana por sobre la expansión como estrategia de crecimiento.
3. Fuera de las áreas edificables se delimitarán áreas de protección, tales como: áreas de valor silvoagropecuario, de protección del bosque nativo, de ecosistemas relevantes y de quebradas y esteros. También contempla delimitación de áreas de riesgo basadas en el Estudio de Riesgos para la Comuna de Temuco, elaborado por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Chile [15], con lo que se apunta a resguardar los recursos naturales y evitar la ocupación de áreas sensibles al riesgo.
4. Se reconocen los sitios de significancia cultural del pueblo mapuche, estableciendo en y entorno a ellos, normas que impiden su utilización en otro tipo de actividades o afectar las que allí se realizan.
5. Se establecen áreas de amortiguación, que determinan la transición entre lo urbanizable (edificable) y las áreas de valor natural y la zona rural.
6. Se propone mantener la imagen de campo de las áreas rurales. A nivel urbano se aborda la separación de actividades incompatibles, la distribución de los equipamientos y servicios en torno a las áreas preferentemente residenciales. La diferenciación de zonas esta dada en algunos casos por la asignación usos de suelo, y en otros por la aplicación de normas de edificación.
7. Delimitación de zonas de conservación histórica en las cuales futuros seccionales establecerán condiciones especiales, e inmuebles de conservación histórica.
8. Se busca asegurar espacios públicos que permitan un adecuado desarrollo de la vida de relaciones urbanas.

Todos lo anterior busca concretar con la utilización de las normas de uso de suelo, condiciones de edificación y otros elementos normativos que permitan generar las condiciones para el cumplimiento de los objetivos.



Si bien el Plan Regulador establece todas las condiciones para la urbanización del territorio, no es su competencia el determinar el nivel socioeconómico de la población que se localizará en las distintas zonas. Es por esto que durante el desarrollo del PRC de Temuco se realizó un estudio de densidades y caracterización socioeconómica [16]. Este estudio considera las zonificaciones de densidades establecidas en ese entonces en el proyecto de PRC, y las condiciones de urbanización.

El nivel socioeconómico de la población se caracteriza en base a parámetros como subdivisiones mínimas, porcentajes de ocupación del suelo, coeficientes de constructibilidad, etc. Este exhaustivo estudio logro interpretar el PRC a nivel de 50 zonas (denominadas Barrios), determinando el número de hogares totales y por estratos socioeconómicos (Alto, Medio y Bajo), para los años 2002 al 2017. Las zonas consideran la parte urbana de Temuco y de Padre Las Casas.

En la Figura 4.1 se presentan las zonas consideradas, y los barrios definidos.

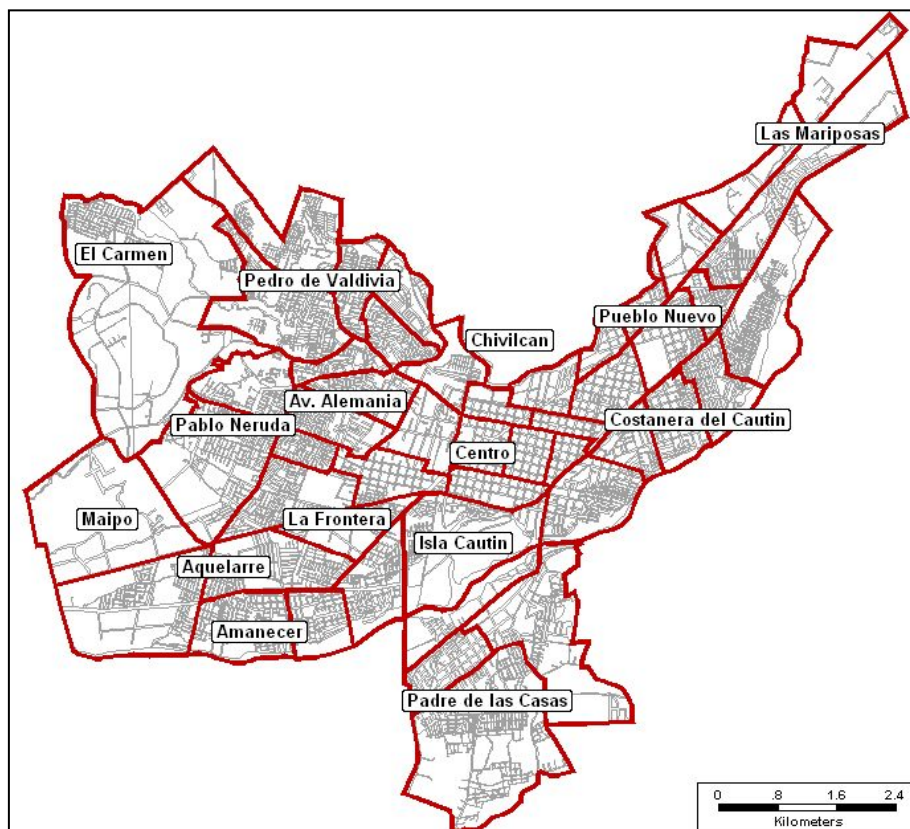


Figura 4.1 Zonificación para el escenario de desarrollo urbano



A continuación se presentan los resultados generales de este estudio (Tabla IV.1).

Tabla IV.1 Resultados estudio densidades del PRC Temuco y Padre las Casas

SECTOR	Superficie (Há)	Densidad media (Hab/Há)	Hogares 2003	Hogares 2017	Población 2003	Población 2017	Densidad 2003 (Hab/Há)	Densidad 2017 (Hab/Há)
02 CENTRO	295,7	236,4	9.205	14.055	36.820	56.220	124,5	190,1
03 ALEMANIA	129,2	126,0	2.408	3.891	9.632	15.564	74,5	120,4
04 LA FRONTERA	117,3	160,3	2.403	4.312	9.612	17.248	81,9	147,0
05 PUEBLO NUEVO	136,1	176,6	3.655	4.607	14.620	18.428	107,4	135,4
06 PEDRO DE VALDIVIA	531,9	121,6	10.494	15.508	41.976	62.032	78,9	116,6
07 PABLO NERUDA	333,4	160,1	10.514	16.307	42.056	65.228	126,1	195,7
08 AQUELARRE	129,8	176,9	4.523	5.341	18.092	21.364	139,4	164,6
09 AMANECER	184,2	199,4	6.820	7.637	27.280	30.548	148,1	165,8
10 COSTANERA DEL CAUTIN	360,6	200,5	11.630	13.373	46.520	53.492	129,0	148,3
11 MAIPO	315,3	72,1	776	3.443	3.104	13.772	9,9	43,7
12 LAS MARIPOSAS	651,6	17,0	189	352	756	1.408	1,2	2,2
13 EL CARMEN	369,1	35,0	910	4.253	3.640	17.012	9,9	46,1
14 CHIVILCAN	711,0	35,0	0	5.341	0	21.364	0,0	30,1
15 LABRANZA	463,2	88,9	2.150	5.000	8.600	20.000	18,6	43,2
TOTAL			65.677	103.420	262.708	413.680		

Fuente: Municipalidad Temuco

Según las proyecciones del Plan Regulador, a través de su estudio de densidades, la población aumenta en 150972 habitantes en 14 años, lo que corresponde a una tasa¹ del 3,2% anual. Este comportamiento se repite en los hogares, con un aumento de 37743 hogares.

4.2 ANÁLISIS DE OTROS ANTECEDENTES Y ESTUDIOS

Son variados los estudios y antecedentes que existen sobre el área metropolitana de Temuco. A continuación se presentan dichos antecedentes, y sus resultados más relevantes.

4.2.1. Plan de desarrollo del sistema de transporte urbano de la ciudad de Temuco. (SECTRA, 1999) [17]

Este trabajo se enmarca en una serie de iniciativas cuyo objetivo fue elaborar estudios estratégicos de transporte para ciudades intermedias.

El objetivo general de estos tipos de estudios es el generar un Plan de Proyectos enfocado a la generación de un programa de inversiones en infraestructura de transporte. Para esto se utiliza una metodología que se centra en la construcción de escenarios de desarrollo urbano, que alimentan al modelo clásico de transporte.

En este contexto, el estudio plantea dos escenarios de crecimiento futuro de la conurbación Temuco-Padre las Casas: uno tendencial, que se basa en la mantención de las características de crecimiento que ha experimentado la ciudad hasta el año 1996, y otro llamado escenario

¹ Se considera una tasa de crecimiento exponencial



dirigido el cual considera la incorporación de acciones orientadas a corregir tendencias de crecimiento inconvenientes para el interés la comunidad.

La definición y construcción de estos escenarios se determina a partir del análisis y proyección de información socioeconómica de la ciudad aplicados a una zonificación propia (la que coincide con la zonificación utilizada en el estudio de densidades), a partir de un escenario considerado como situación base, el cual es definido en el estudio como el conjunto de desarrollos y/o proyectos urbanos de materialización segura a corto o mediano plazo.

4.2.2 Situación base 1996 (SECTRA)

En relación a la información socioeconómica, específicamente hogares y población, las áreas Sur y Norponiente presentan los mayores índices de tamaño del hogar, mientras que la menor tasa y la menor población se enfocan a la zona denominada Centro Histórico.

El estudio contempló la realización de una encuesta origen-destino de viajes, con significancia estadística. En base a esta encuesta, y específicamente a los ingresos de la población, se plantean tres niveles de ingreso: alto (más de \$407.100 mensuales por hogar), medio (entre \$112.700 y \$407.000 por hogar) y bajo (menos de \$112.600 mensuales por hogar).

Como se verá más adelante, la localización de los hogares de ingreso alto corresponde principalmente al sector poniente de la ciudad y, por los sectores del sur de la ciudad se localizan los hogares de ingreso bajo entre los que se encuentra de manera destacada la comuna de Padre las Casas.

Para fines de proyección de población, tanto para el escenario tendencial como dirigido, se consideró un crecimiento de población de 2,36% para el período 1990-2010, proyección obtenida en base al Censo INE de 1992.

En relación a la proyección de la distribución de la población por estrato socioeconómico, el estudio SECTRA consideró las proyecciones del PIB de acuerdo a pronósticos del Banco Central y Mideplan, obteniendo tasas de 6% entre 1996 y 1999, 5% entre el año 2000 y 2004, y 3% entre los años 2005 y 2010.

4.2.3 Escenarios de crecimiento urbano (situación base y escenarios futuros SECTRA)

a) Situación a 1996

Desde el punto de vista socioeconómico, los sectores de altos ingresos se localizan en el extremo norte de la ciudad en su eje Oriente-Poniente. En el caso de los estratos bajos su localización se enfoca más bien a los extremos de caminos intercomunales de carácter rural y a los sectores más bajos de la ciudad.



b) Análisis de crecimiento urbano en base a Escenario Tendencial

Este escenario generado en base a las tendencias actuales de desarrollo (actuales, situándose en el contexto de 1996 en donde fue generado el estudio de diagnóstico original en que se basa el estudio de 1999), es decir, lo observado en los registros de 1996 hacia atrás, indica un desarrollo hacia el Poniente para los sectores socioeconómicos medio y alto. Para los estratos bajos este desarrollo se plantea hacia el sector Sur-Oriente (Camino a Cunco) y Nor-Poniente (Camino a Chol Chol).

c) Análisis de crecimiento urbano en base a Escenario Dirigido

El escenario dirigido, plantea el desarrollo de nuevas líneas de crecimiento de la ciudad. Propone un desarrollo inmobiliario menos concentrado en el sector poniente y más repartido por el área urbana.

Dentro de las nuevas acciones que plantea este escenario a fin de dirigir específicamente el crecimiento hacia puntos singulares dentro de la ciudad, se tiene el favorecer el crecimiento en el sector de las Vegas de Chivilcán; en el sector norte de la ciudad, en la ladera del cerro Ñielol; en terrenos de la Maestranza de FF.CC; y en el sector del Regimiento Tucapel y Parque Comunal “La Isla del Cautín”.

En general, ambos escenarios construidos en este estudio (SECTRA) consideran los mismos números de viviendas, siendo la distribución de las viviendas en las zonas, el factor diferenciador.

En la Tabla IV.2 se muestran los valores totales y por estrato considerados en el estudio.

Tabla IV.2 Hogares por año y por estrato según PRC Temuco

Año	Estrato Alto	%	Estrato Medio	%	Estrato Bajo	%	Total
2000	5657	8,8	19174	30,0	39113	61,2	63944
2005	8658	11,9	23517	32,4	40487	55,7	72662
2010	11602	14,1	28220	34,2	42664	51,7	82486

Fuente: Municipalidad Temuco

Los datos muestran una disminución en 10 puntos porcentuales del estrato bajo, y un aumento de 5 puntos del estrato alto. El estrato medio aumenta en 4 puntos porcentuales.

El incremento total de hogares en el período 2000-2010 es de 18.542 hogares, lo que implica una tasa² de crecimiento anual del 2,5%. El estudio de SECTRA también maneja la zonificación de 50 zonas presentada en el punto anterior (estudios de densidades).

² Se considera tasa exponencial



4.3 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y DEMOGRÁFICA DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS [8]

De este estudio destacan las proyecciones de población de las comunas de Temuco y Padre las Casas efectuados por zonas homogéneas en el período comprendido entre 1990 y 2020, estudio que nace de la necesidad de conocer el estado de la situación sociodemográfica y económica de la comuna de Temuco y la nueva comuna de Padre las Casas a fin de establecer las tendencias de la ocupación del territorio.

El estudio se basa en los datos del Censo de 1992 desagregados en 35 zonas homogéneas desde un punto de vista territorial, y un posterior agrupamiento a ocho para efectuar las proyecciones de población hacia el 2020, asociaciones efectuadas según indicadores sociodemográficos seleccionados, lo cual permitirá establecer distintos conglomerados poblacionales que podrán ser susceptibles de políticas de desarrollo también diferenciadas.

El estudio revela la caracterización socioeconómica de las distintas zonas homogéneas en donde, entre otras cosas, se identifica la diferencia entre las zonas ubicadas en la comuna de Temuco de la zona de la comuna de Padre Las Casas, en donde por ejemplo, si las viviendas permanentes en Temuco los servicios básicos alcanzan al casi 85% de la población, en Padre Las Casas sólo llega a bordear el 50%.

Aunque la Comuna de Padre Las Casas se creó con posterioridad al Censo de 1992 y, por lo tanto no se dispone de datos censados, el estudio efectuó un tratamiento de la información cartográfica (censal) en donde pudo reconstituir la población de esta comuna, como se ve en la Figura 4.2:

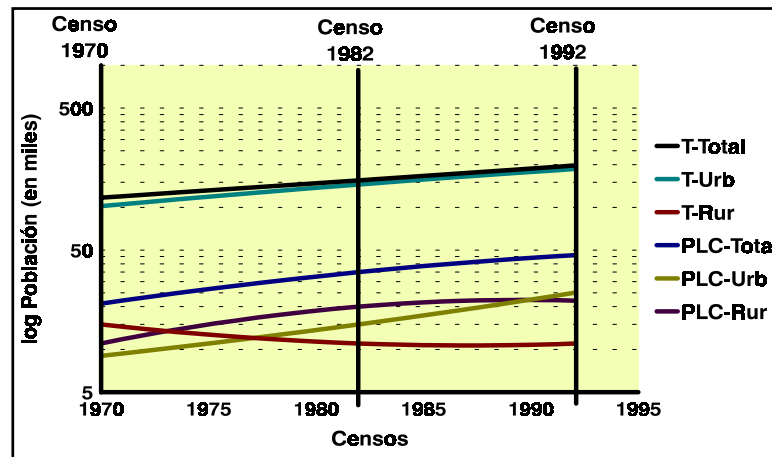


Figura 4.2 Reconstitución de la población de la comuna de Padre Las Casas

En relación a la demanda de suelo habitacional, del estudio se desprende un marcado incremento en sectores de clase media, observándose también, una mejora en el estatus.



Esto indicaría importantes procesos de movilidad al interior de la ciudad desde sectores antiguos e incluso pobres, a otras áreas de mayor categoría residencial, implicando el abandono parcial y relativo de los sectores menos atractivos. Esto generaría un proceso de deterioro urbano similar a las de ciudades más grandes.

Del estudio se desprende también, de acuerdo a las proyecciones de población, que la comuna de Temuco incrementaría su tamaño en el período comprendido entre 1990 y el 2020 en un 45%, pasando de 237.192 habitantes a 346.008. La población urbana, que representaba en 1990 un 87% pasará a significar un 97% en el 2020. La comuna de Padre las Casas tendrá en el 2020 una población de 90.854 con un 50% de población urbana.

En cuanto a la concentración de población en el Temuco urbano, en donde se ubica la comuna de Padre Las Casas, tendrán al 2020 un total de población de 329.320 hab.

4.3.1 Antecedentes INE

Los antecedentes oficiales de población y viviendas, son los que registra el INE en los distintos censos de población y vivienda. A continuación se muestra dicha información (Tabla IV.3), calculando también la suma de las poblaciones urbanas de Temuco y Padre las Casas.

Tabla IV.3 Población según censos INE

Censos	Temuco			Padre Las Casas			Total Conurbación
	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total	
1960	74.755	37.310	112.065				74.755
1970	112.635	33.486	146.121				112.635
1982	159.295	30.699	189.994				159.295
1992	185.936	11.300	197.236	24.651	21.674	46.325	210.587
2002	227.086	12.819	245.347	33.697	25.098	58.795	260.783

Fuente: INE

Respecto de la población urbana de la conurbación, se puede apreciar que la población crece a una tasa anual del 2,14%.

Tabla IV.4 Viviendas según censos INE

Censos	Temuco			Padre Las Casas			Total Conurbación
	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total	
1960	13.312	6.191	19.503				13.312
1970	22.287	6.143	28.430				22.287
1982	32.462	5.953	38.415				32.462
1992	44.154	2.797	46.951	5.772	4.848	10.620	49.926
2002	61.740	3.589	65.329	9.344	6.281	15.625	71.084

Fuente: INE

Respecto del crecimiento en el número de viviendas, se calcula una tasa anual del 3,5% (Ver Tabla IV.4).



La diferencia en las tasas anuales de aumento de viviendas, da cuenta de un fenómeno generalizado de las ciudades grandes e intermedias en Chile, y que responde a las tendencias unifamiliares (viviendas con una sola persona, independiente).

4.4 CATASTRO DE PROYECTOS INMOBILIARIOS

Se realizó un catastro en terreno, con el fin de identificar algunos indicadores de tendencias de localización por estrato socioeconómico. Así, se visitaron algunas oficinas inmobiliarias, consultando información y visiones propias del desarrollo urbano de Temuco y Padre Las Casas.

Las fuentes consultadas fueron las siguientes:

- Inmobiliaria Socovesa
- Proyectos en S.E.I.A en fase de evaluación y aprobados
- Portal Inmobiliario
- Hitos identificados en terreno (Supermercados, Mall, parcelación, etc)

Inmobiliaria Socovesa

La información proporcionada por esta empresa respecto de los proyectos de viviendas programados para los próximos tres años, se resume en la siguiente tabla

Tabla IV.5 Viviendas programadas Inmobiliaria Socovesa

Sector	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Total	Valor promedio en UF
Padre las Casas	185	130	21	336	800
Lomas de Mirasol	53	57	40	150	2.150
Alcalá	19	12	12	43	4.600
Casa de Maquinas	11	85		96	1.500
Altos de Maipo	120	60	60	240	1.600
TOTAL	388	344	133	865	

Fuente: Gerencia Socovesa

La visión de la inmobiliaria respecto del desarrollo urbano se puede resumir en los siguientes puntos:

- El sector La frontera esta afecta a las extremidades de la Universidad, por lo que su desarrollo es y será bastante lento.
- El sector de Mirasol, también presenta un desarrollo bastante lento, debido a los estratos socioeconómicos predominantes en la zona (bajo).



- Padre las Casas centró su fuerte desarrollo en vivienda social, con proyectos como Pulmahue (constructora Pocuro).
- Pueblo Nuevo presenta una compleja situación por la discontinuidad que genera la línea férrea.
- Isla cautín, presenta un difícil desarrollo inmobiliario, por lo que se perfila como parque (de hecho existe el proyecto de parque bicentenario).
- Labranza es un sector de fuerte desarrollo en vivienda social.

Proyectos en S.E.I.A.

- Santa Carolina A y B: localizado en el sector camino al cajón, contempla un total de 600 viviendas, de valor medio menor de 1000 UF.
- Proyecto en Chivilcan: considera un total de 3.646 viviendas.
- San Andrés: situado hacia el sector Pedro de Valdivia, contempla 3 etapas de construcción de viviendas de aproximadamente 800 UF.

Portal Inmobiliario

- Valle Verde: localizado camino al cajón, considera casas de 81 a 109 m², con un valor medio de 1.500 UF.
- El Carmen: localizado en el sector el Carmen, considera la construcción de un total de 1292 viviendas hasta el año 2012, con un valor promedio de 1.900 UF.
- Villa del río: localizado en el sector las Mariposas, considera casas de 700 UF.
- Barrio Ingles: localizado en el sector conocido como Barrio Ingles, contempla casas de 4500 UF en promedio.

Hitos relevantes

- Mall cerrado: este hito da cuenta de una apuesta al desarrollo inmobiliario que no fue tal. En definitiva indica que hacia el sector Pueblo Nuevo-Las Mariposas (nor-orientado) no se dio ni da el desarrollo urbano.
- Supermercados: al respecto se identificaron tres supermercados, de los cuales el último es un Lider vecino localizado cerca del Barrio Ingles. Estos comercios son los mejores indicadores del nivel socioeconómico de los territorios, ya que se justifican en un territorio por el poder adquisitivo o de compra acumulado en el mismo

Todos los elementos catastrados, además de dar un orden de magnitud de los desarrollos inmobiliarios, caracterizan claramente los mercados territoriales por estrato socioeconómico.

En la Figura 4.3 se muestra la distribución de los elementos catastrados en función de sus valores de venta.

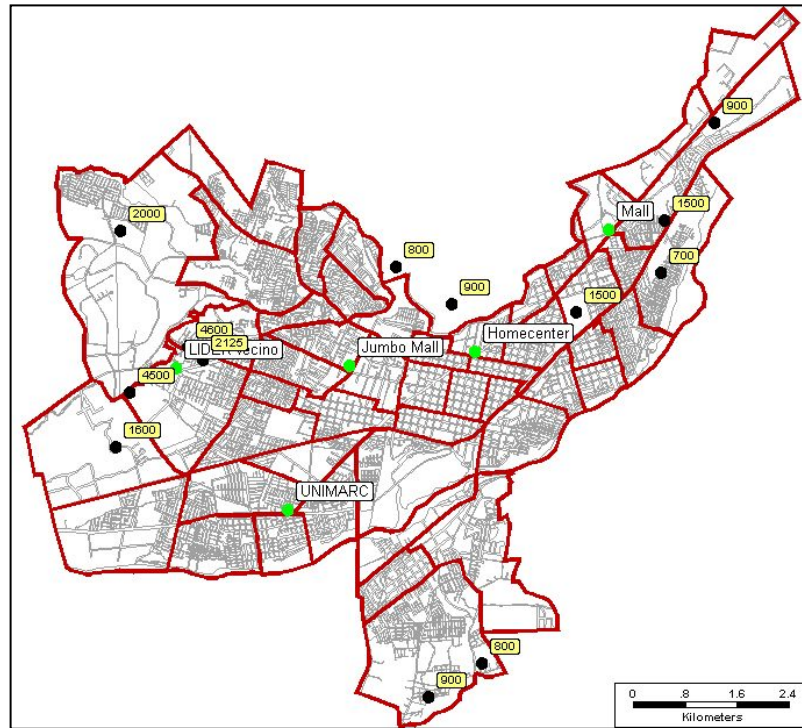


Figura 4.3 Proyectos e hitos urbanos catastrados

La Figura 4.3 integrada resulta ser muy coherente, en el sentido de localizar los grandes comercios en función de los estratos altos y medios (altos valores de viviendas en UF), lo que se ejemplifica claramente en la localización del nuevo supermercado LIDER vecino, en el contexto del Barrio Inglés.

También resulta lógico el fracaso del Mall en el camino al cajón (nor-oriente) dado que los desarrollos hacia esas zonas son en niveles medios a bajos, por lo que los umbrales que hacen factible el negocio no se cumplieron.

4.5. IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS DE DESARROLLO URBANO GLOBAL

Con todos los antecedentes expuestos, la primera tarea es determinar el total de viviendas a ser consideradas en la proyección. Para esto se construyó la Tabla IV.6 de comparación y análisis de las diversas fuentes, la que se presenta a continuación.

**Tabla IV.6 Comparación de totales de viviendas según distintos estudios**

Año	PRC-Densidades	CENSOS_INE	SECTRA	VITAE
1960		13.312		
1970		22.287		
1982		32.462		
1992		49.926		
1996			57563	
2000			63948	
2001				69222
2002	72871	71.084		
2003				
2004				
2005			72709	
2006				
2007				
2008				
2009				
2010			82484	
2011				
2012				
2013				
2014				
2015				
2016				
2017	106772			

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla IV.6 se puede apreciar que, en general, los valores muestran gran consistencia entre ellos. El PRC es la única fuente que aparece claramente sobreestimada

En base a esto, se tomó la decisión de proyectar el número de viviendas en función de la información oficial INE (censos), y con estructura exponencial. La Tabla que se genera se presenta a continuación.



Tabla IV.7 Proyección del total de viviendas

Año	PRC-Densidades	SECTRA	VITAE	PROYECCION	Incremento anual
1960				13.312	
1970				22.287	
1982				32.462	
1992				49.926	
1996		57563		57.505	
2000		63948		66.234	
2001			69222	68.616	2.382
2002	72871			71.084	2.468
2003				73.640	2.556
2004				76.289	2.648
2005		72709		79.032	2.744
2006				81.875	2.842
2007				84.819	2.945
2008				87.870	3.050
2009				91.030	3.160
2010		82484		94.304	3.274
2011				97.695	3.391
2012				101.208	3.513
2013				104.848	3.640
2014				108.619	3.771
2015				112.525	3.906
2016				116.572	4.047
2017	106772			120.765	4.192

Fuente: Elaboración propia

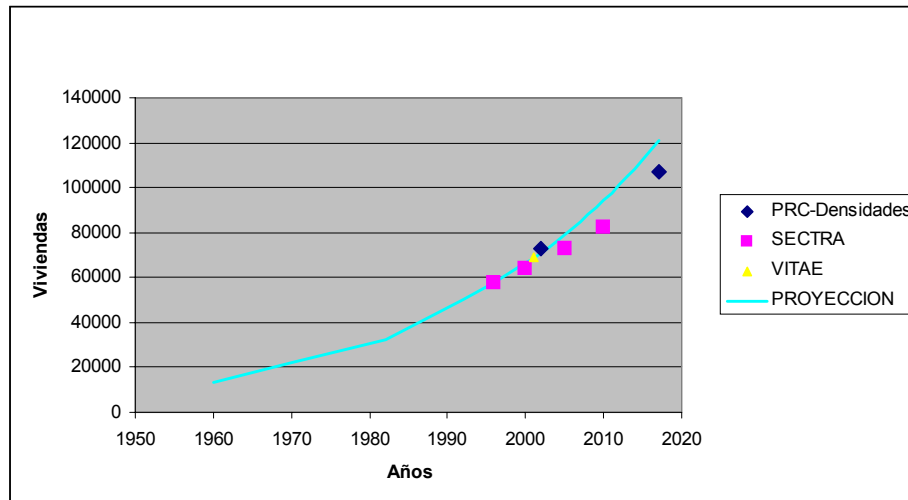


Figura 4.4 Proyección del total de Viviendas

De la Tabla IV.7 y Figura 4.4 se puede apreciar que los valores de SECTRA están subestimados en todos los años, lo que se debe a que este estudio usó como base las proyecciones hechas con el censo de 1992.



La situación del PRC es distinta, ya que en el año 2002 el valor está sobre estimado (en este caso respecto del valor oficial del INE), mientras que en el año 2017 está subvalorado.

Finalmente la proyección resulta ser coherente con la generalidad de los valores, además de producir incrementos anuales totalmente factibles (promedio 3.000 viviendas), según lo observado en los proyectos catastrados.

Una vez proyectado el total de viviendas, es necesario diferenciarlas por nivel socioeconómico. Para esto se construye la Tabla IV.8 de comparación de las fuentes disponibles. En este caso ya se sabe que los valores absolutos no coinciden, por lo que se comparan los porcentajes por estrato que plantea cada fuente. A continuación se presenta la tabla así obtenida.

Tabla IV.8 Comparación de la partición (%) por estratos en distintos estudios

AÑO	BAJO			MEDIO			ALTO		
	VITAE	PRC	SECTRA	VITAE	PRC	SECTRA	VITAE	PRC	SECTRA
2000			61,2			30,0			8,8
2001	53,3			39,2			7,5		
2002		26,9			55,6			17,5	
2003									
2004									
2005			55,7			32,4			11,9
2006									
2007									
2008									
2009									
2010			51,7			34,2			14,1
2011									
2012									
2013									
2014									
2015									
2016									
2017		15,5			51,8			32,8	

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los valores VITAE y SECTRA se identifican similitudes en los porcentajes. Los valores del PRC difieren significativamente de los anteriores, en todos los estratos, siendo la diferencia de 26 a 60% más grande en el estrato bajo.

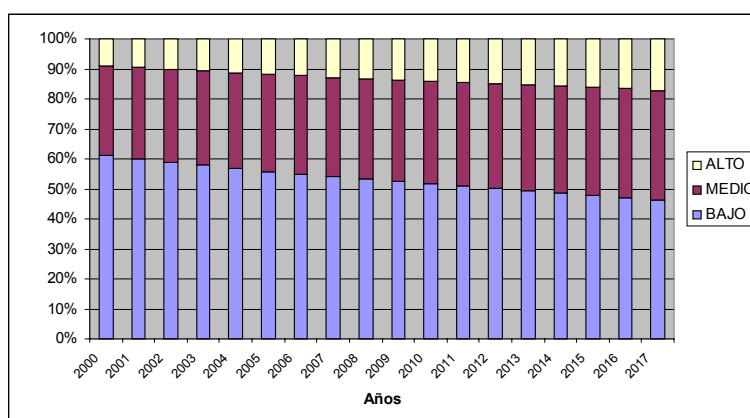
Al respecto es necesario aclarar que no se conocen los criterios de clasificación del estudio PRC.

En definitiva se opta por las proporciones establecidas en el estudio de SECTRA, ya que tienen más observaciones que VITAE. Estas son las proporciones que se proyectaron en el tiempo, resguardando la suma 100. A continuación en la Tabla IV.9 se muestran las proyecciones de porcentajes por estrato socioeconómico.

**Tabla IV.9 Proyección de porcentajes por estrato y año**

ANO	BAJO	MEDIO	ALTO	TOTAL
2000	61,2	30,0	8,8	100,0
2001	60,1	30,5	9,5	100,0
2002	59,0	30,9	10,1	100,0
2003	57,9	31,4	10,7	100,0
2004	56,8	31,9	11,3	100,0
2005	55,7	32,4	11,9	100,0
2006	54,9	32,7	12,3	100,0
2007	54,1	33,1	12,8	100,0
2008	53,3	33,5	13,2	100,0
2009	52,5	33,8	13,6	100,0
2010	51,7	34,2	14,1	100,0
2011	50,9	34,6	14,5	100,0
2012	50,1	35,0	14,9	100,0
2013	49,3	35,3	15,4	100,0
2014	48,5	35,7	15,8	100,0
2015	47,7	36,1	16,2	100,0
2016	46,9	36,4	16,6	100,0
2017	46,1	36,8	17,1	100,0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.5 Proyección de porcentajes por estrato y año**

De la Tabla IV.9 y Figura 4.5 se observa la lógica que el estrato bajo disminuye, el medio aumenta poco, y el alto aumenta significativamente. Esta lógica resulta coherente con lo observado hasta la fecha, y ejemplificado en los últimos resultados de la encuesta Casen, donde la pobreza disminuye del orden del 1 al 2%.

El estrato que más varía en el período 2000-2015 es el bajo con un 13,5%. El estrato alto aumenta en un 7,4%, y el estrato medio en un 6,1%.



4.6 IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS ESPACIALES DEL DESARROLLO URBANO

Ya definidos el total de viviendas y su partición por estratos socioeconómicos, es necesario analizar la distribución espacial de cada estrato. Para esto fue necesario comparar las distribuciones espaciales por estrato para las distintas fuentes. Como ya se sabe que los totales difieren mucho, lo que se hizo fue analizar las proporciones en que se distribuye un estrato en las distintas zonas.

A continuación, en las Figuras 4.6 a 4.8 se presentan las gráficas de comparación.

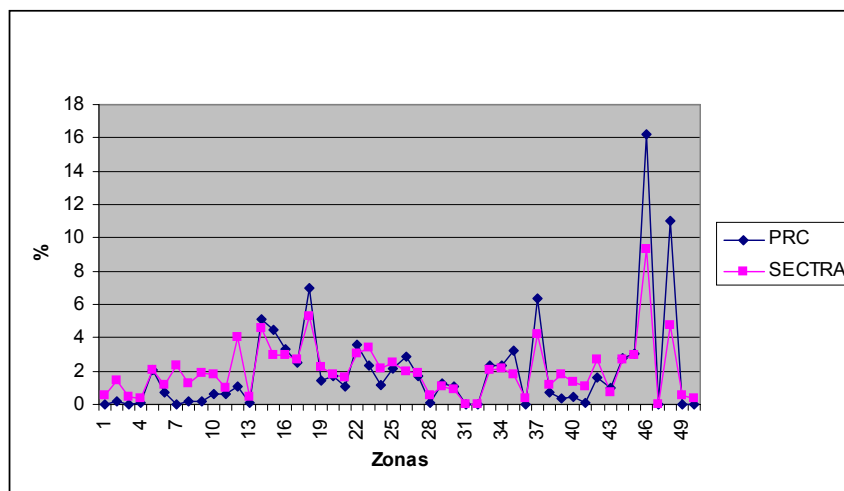


Figura 4.6 Comparación proporciones estrato Bajo

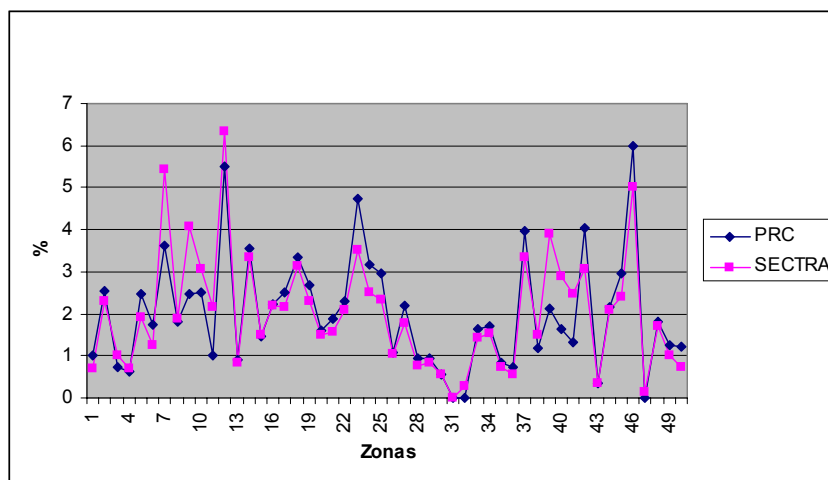


Figura 4.7 Comparación proporciones estrato Medio

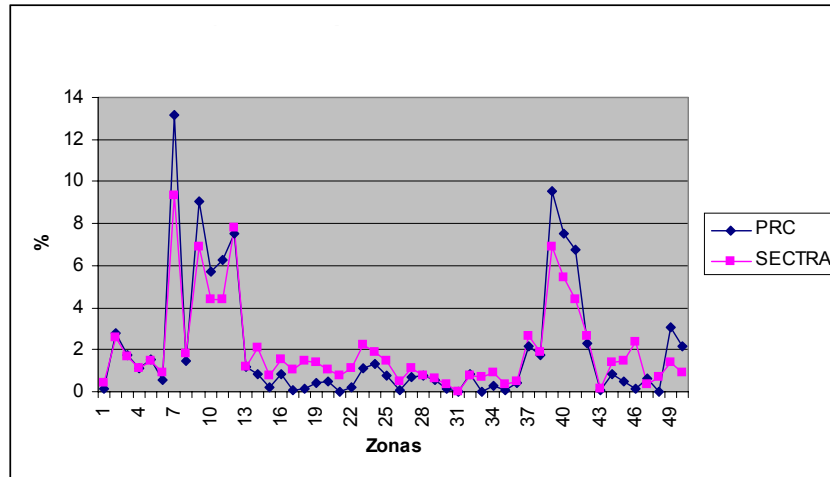


Figura 4.8 Comparación proporciones estrato Alto

En las Figuras 4.6 a 4.8 se aprecia la coherencia en la distribución de cada estrato que presentan los estudios de SECTRA y el PRC. Es por esto que se optó por tomar la información del PRC para proyectar la distribución espacial de los estratos, ya que en su esencia este análisis es mucho más completo que el desarrollado por el estudio de SECTRA.

Entonces, para proyectar la distribución de cada estrato se tiene la distribución por zona para el año 2002 y para el año 2017, por lo que se procedió a proyectar para cada zona y año la evolución del porcentaje (del año 2002 al 2017). A continuación en la Figura 4.9 se muestra la gráfica de la proyección espacial para el estrato bajo.

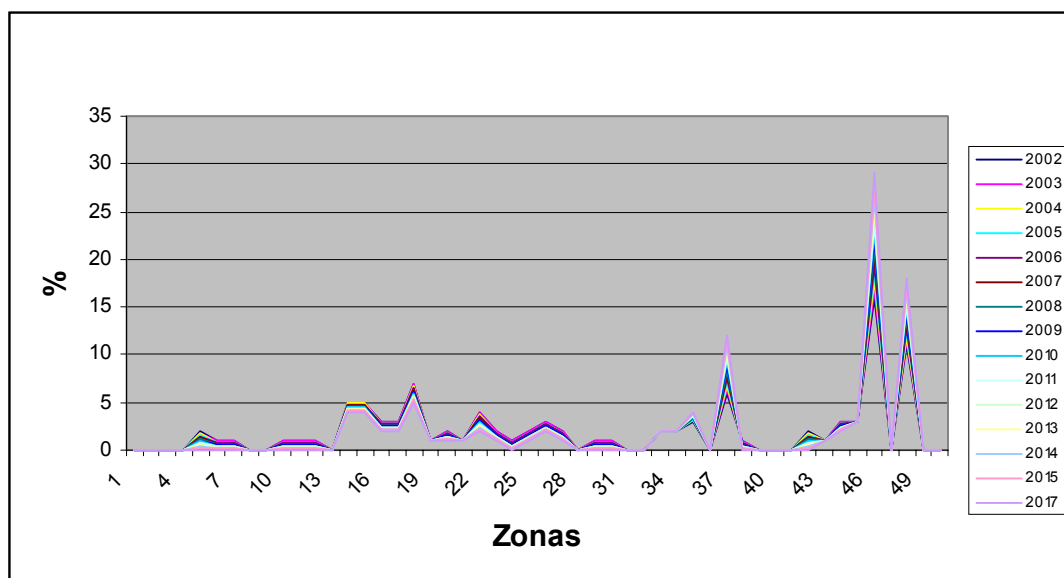


Figura 4.9 Evolución proporción estrato Bajo por zona



Tabla IV.10 Proyección de porcentaje por zona, estrato y año

ZONA	BAJO					MEDIO					ALTO				
	2002	2007	2010	2015	VAR 02-17	2002	2007	2010	2015	VAR 02-17	2002	2007	2010	2015	VAR 02-17
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0
3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	1	1	-1
4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	-1
5	2	1	1	0	-2	2	3	3	4	2	2	2	2	2	0
6	1	1	0	0	-1	2	2	2	2	0	1	1	1	1	0
7	1	1	0	0	-1	4	3	2	1	-3	13	13	13	13	0
8	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	1	1	1	1	0
9	0	0	0	0	0	2	2	1	1	-1	9	8	7	6	-3
10	1	1	0	0	-1	2	2	2	2	0	6	6	6	6	0
11	1	1	0	0	-1	1	1	0	0	-1	6	6	6	6	0
12	1	1	0	0	-1	5	4	4	3	-2	8	7	6	5	-3
13	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1
14	5	5	4	4	-1	4	4	3	3	-1	1	1	1	1	0
15	5	5	4	4	-1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16	3	3	2	2	-1	2	2	2	2	0	1	1	1	1	0
17	3	3	2	2	-1	3	3	2	2	-1	0	0	0	0	0
18	7	6	6	5	-2	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
19	1	1	1	1	0	3	3	2	2	-1	0	0	0	0	0
20	2	2	1	1	-1	2	2	1	1	-1	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	0	2	2	1	1	-1	0	0	0	0	0
22	4	3	3	2	-2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
23	2	2	1	1	-1	5	5	6	6	1	1	1	1	1	0
24	1	1	0	0	-1	3	3	4	4	1	1	1	1	1	0
25	2	2	1	1	-1	3	3	3	3	0	1	1	1	1	0
26	3	3	2	2	-1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
27	2	2	1	1	-1	2	2	3	3	1	1	1	1	1	0
28	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
29	1	1	0	0	-1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
30	1	1	0	0	-1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-1
33	2	2	2	2	0	2	2	1	1	-1	0	0	0	0	0
34	2	2	2	2	0	2	2	1	1	-1	0	0	0	0	0
35	3	3	4	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0
37	6	8	9	11	6	4	4	5	5	1	2	2	3	3	1
38	1	1	0	0	-1	1	1	1	1	0	2	2	1	1	-1
39	0	0	0	0	0	2	2	1	1	-1	10	9	8	7	-3
40	0	0	0	0	0	2	2	1	1	-1	7	7	7	7	0
41	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-1	7	7	8	8	1
42	2	1	1	0	-2	4	5	5	6	2	2	2	3	3	1
43	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	3	3	2	2	-1	2	2	2	2	0	1	1	1	1	0
45	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	1	1	0	0	-1
46	16	20	23	27	13	6	7	7	8	2	0	0	1	1	1
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
48	11	13	15	17	7	2	2	3	3	1	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	1	2	2	3	2	3	4	5	6	4
50	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	2	4	5	6	5
	100	100	100	100		100	100	100	100		100	100	100	100	

Al analizar las variaciones por zona y por estrato, superponiendo la gráfica del catastro de proyectos inmobiliarios e hitos urbanos, se tienen las Figuras 4.10 y 4.11.

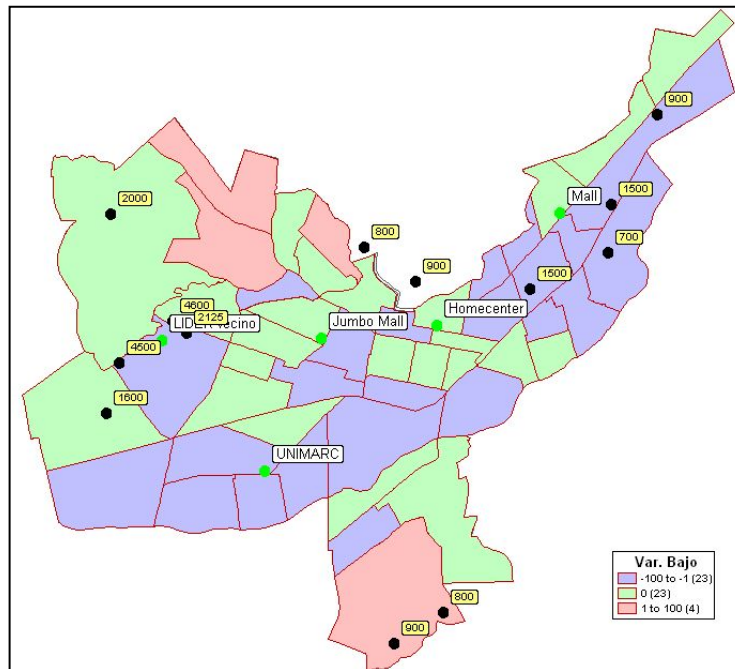


Figura 4.10 Análisis de variación por zona, del estrato bajo

En la Figura 4.10 se puede apreciar que en las zonas donde el estrato bajo aumenta (color rojo), los proyectos indican valores de menos de 1.000 UF, lo que es coherente. Y además, donde el estrato bajo disminuye (color azul - variación negativa), los proyectos indican valores sobre 1300 UF.

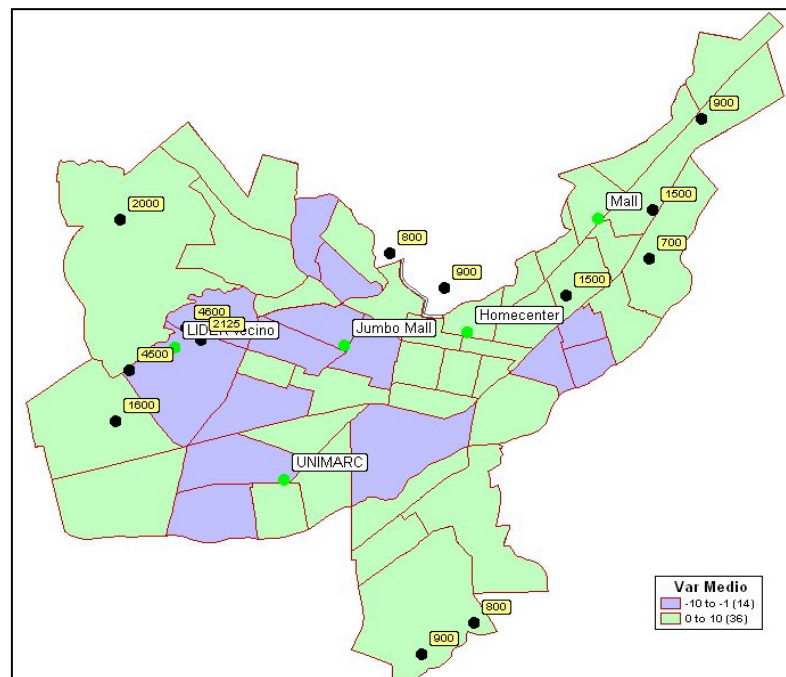


Figura 4.11 Análisis de variación por zona, del estrato Medio



En este caso, el estrato medio abandona (color azul) los sectores de proyectos más caros, y coexisten en algunas zonas de estratos bajos (Padre Las Casas, Pedro de Valdivia). Los aumentos (color verde) se ven distribuidos en sus zonas tradicionales. En todo caso, el hecho que no exista un color rojo, indica que los aumentos son positivos, pero pequeños.

Entonces las proyecciones de distribución espacial resultan ser coherentes en si y entre si, tanto con los proyectos programados, como también con las localizaciones tradicionales de los estratos.

4.6.1 Estimación de hogares por grupo socioeconómico y por zonas para los cortes 2007, 2010 y 2015

Finalmente, con la proyección del total de viviendas por año, este total se distribuye según los porcentajes globales proyectados, y así se obtiene el total de viviendas por año y por estrato. Este total de viviendas por año y estrato se distribuye en las zonas según los porcentajes de distribución por zona, por estrato y por año, obteniéndose finalmente el número de viviendas por año, por zona, por estrato.

A continuación la Tabla IV.11 muestra los vectores para los cortes 2007, 2010 y 2015.



Tabla IV.11 Vectores de hogares por estrato, zona y año

ZONA	BAJO			MEDIO			ALTO		
	2007	2010	2015	2007	2010	2015	2007	2010	2015
1	0	0	0	94	172	352	0	0	0
2	0	0	0	842	968	1217	325	398	547
3	0	0	0	281	323	406	181	195	207
4	0	0	0	281	323	406	72	62	24
5	612	455	143	749	989	1515	217	265	365
6	306	228	72	562	645	812	108	133	182
7	306	228	72	842	774	568	1409	1724	2372
8	0	0	0	562	645	812	108	133	182
9	0	0	0	468	473	460	867	982	1168
10	306	228	72	562	645	812	650	796	1095
11	306	228	72	187	151	54	650	796	1095
12	306	228	72	1217	1269	1325	759	849	985
13	0	0	0	374	495	757	144	203	341
14	2142	2179	2220	1030	1118	1271	108	133	182
15	2142	2179	2220	281	323	406	0	0	0
16	1224	1203	1146	562	645	812	108	133	182
17	1224	1203	1146	749	796	866	0	0	0
18	2907	2894	2828	842	968	1217	0	0	0
19	459	488	537	749	796	866	0	0	0
20	765	715	609	468	473	460	0	0	0
21	459	488	537	468	473	460	0	0	0
22	1530	1431	1217	562	645	812	0	0	0
23	765	715	609	1498	1785	2380	108	133	182
24	306	228	72	936	1140	1569	108	133	182
25	765	715	609	842	968	1217	108	133	182
26	1224	1203	1146	281	323	406	0	0	0
27	765	715	609	655	817	1163	108	133	182
28	0	0	0	281	323	406	108	133	182
29	306	228	72	281	323	406	108	133	182
30	306	228	72	281	323	406	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	72	62	24
33	918	976	1074	468	473	460	0	0	0
34	918	976	1074	468	473	460	0	0	0
35	1530	1723	2077	281	323	406	0	0	0
36	0	0	0	374	495	757	0	0	0
37	3672	4487	6015	1217	1463	1975	253	336	523
38	306	228	72	281	323	406	181	195	207
39	0	0	0	468	473	460	975	1114	1350
40	0	0	0	468	473	460	759	928	1277
41	0	0	0	187	151	54	795	999	1435
42	612	455	143	1310	1635	2326	253	336	523
43	459	488	537	0	0	0	0	0	0
44	1224	1203	1146	562	645	812	108	133	182
45	1377	1463	1611	842	968	1217	72	62	24
46	9334	11186	14643	1872	2280	3138	36	71	158
47	0	0	0	0	0	0	108	133	182
48	6121	7186	9165	655	817	1163	0	0	0
49	0	0	0	468	667	1109	470	681	1180
50	0	0	0	374	495	757	397	619	1156
TOTAL	45905	48776	53704	28078	32263	40575	10836	13264	18246

Fuente: Elaboración propia



5. ESCENARIOS DE EMISION

5.1 FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN ESTE ESTUDIO

La variabilidad de los factores de emisión encontrados en la revisión bibliográfica (Anexo B), unido a lo sensible que resulta la estimación de las emisiones (ton/año), y la falta de factores propios medidos en Temuco, indican la necesidad imperiosa de realizar estudios locales para determinar en forma más realista la emisión de MP10 producto de la combustión de leña en dicha ciudad.

Para fines de este estudio, se han considerado tres escenarios de factores de emisión para evaluar la metodología de cálculo de emisiones residenciales. Una alternativa fue considerar los factores emisivos máximos por equipo de combustión encontrados en la literatura nacional e internacional (Tabla V.1), otro fue utilizar el promedio de los factores encontrados (Tabla V.2), y el tercer caso fue utilizar los menores valores, los cuales provienen de la referencia de Suiza (Tabla V.3).

Tabla V.1 Factores emisivos de MP10 Máximos

Humedad de la Leña	Tipo de Artefacto	Factor de Emisión de MP10 (g/Kg)
Seca	Cocina	15.3
	Salamandra	8.5
	Estufa simple	8.1
	Estufa doble cámara	8.1
	Chimenea	16.6
Húmedo	Cocina	17.3
	Salamandra	15.9
	Estufa simple	15.3
	Estufa doble cámara	10.2
	Chimenea	17.3

Se entenderá como leña seca aquella con contenidos de humedad bajo o igual a 20% base seca, leña húmeda mayor a 20%.

**Tabla V.2 Factores emisivos de MP10 Promedios**

Humedad de la Leña	Tipo de Artefacto	Factor de Emisión de MP10 (g/Kg)
Seca	Cocina	9.7
	Salamandra	5.3
	Estufa simple	5.1
	Estufa doble cámara	5.1
	Chimenea	9.3
Húmedo	Cocina	12.2
	Salamandra	11.4
	Estufa simple	11.2
	Estufa doble cámara	8.6
	Chimenea	12.2

Tabla V.3 Factores emisivos de MP10 Mínimos

Humedad de la Leña	Tipo de Artefacto	Factor de Emisión de MP10 (g/Kg)
Seca	Cocina	4.0
	Salamandra	2.0
	Estufa simple	2.0
	Estufa doble cámara	2.0
	Chimenea	2.0
Húmedo	Cocina	7.0
	Salamandra	7.0
	Estufa simple	7.0
	Estufa doble cámara	7.0
	Chimenea	7.0



5.2 ESCENARIO BASE DE EMISIONES

El año base (2001) para el cálculo de las emisiones de MP10 debido a combustión residencial de leña en Temuco y Padre Las Casas, considera un total de 55138 equipos a leña. La Tabla V.4 muestra el total de equipos, distribuidos según nivel socioeconómico y tipo de artefacto.

Tabla V.4 Distribución de equipos que usan leña según nivel socioeconómico (2001)

Nivel Socio Económico	Tipo de artefacto	N° de equipos que usan leña	%
Alto	Cocina	468	0,8
	Salamandra	165	0,3
	Estufa simple	1683	3,1
	Estufa doble camara	493	0,9
	Chimenea	394	0,7
Medio	Cocina	7562	13,7
	Salamandra	989	1,8
	Estufa simple	10663	19,3
	Estufa doble camara	2145	3,9
	Chimenea	1024	1,9
Bajo	Cocina	21618	39,2
	Salamandra	3816	6,9
	Estufa simple	3958	7,2
	Estufa doble camara	161	0,3
	Chimenea	0	0,0
Total		55138	100,0

El consumo de leña por cada equipo se obtuvo al procesar la encuesta VIATE [1], y ajustando dichos valores por el factor 1.75 (actualización de la encuesta realizada por la Universidad de Concepción). Al multiplicar el consumo promedio de leña por el total de equipos según nivel socioeconómico, se obtiene el consumo total para dicho equipo. De acuerdo a información proporcionada por Mauricio Lobos de CONAMA, el consumo total se distribuye (por tipo de artefacto), en un 20% leña seca y un 80% leña húmeda. La Tabla V.5 entrega el consumo según humedad de la leña y la Tabla V.6 la distribución porcentual del consumo de leña (seca más húmeda) según artefacto y nivel socioeconómico. De la Tabla V.6 se desprende que el nivel Alto utiliza un 6.8% del total de leña residencial consumida en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, y los niveles Medio y Bajo consumen 44.7% y 48.5%, respectivamente.


Tabla V.5 Consumo de leña (m³/año) por tipo de artefacto y nivel socioeconómico 2001

Nivel Socio Económico	Tipo de artefacto	Media por equipo	Leña Seca	Leña Húmeda
Alto	Cocina	7,7	719	2875
	Salamandra	12,8	423	1691
	Estufa simple	6,0	2013	8053
	Estufa doble camara	5,0	489	1958
	Chimenea	6,0	476	1905
Medio	Cocina	5,0	7619	30477
	Salamandra	4,3	848	3392
	Estufa simple	6,5	13935	55741
	Estufa doble camara	6,2	2639	10555
	Chimenea	10,5	2146	8586
Bajo	Cocina	5,2	22561	90246
	Salamandra	3,6	2758	11033
	Estufa simple	5,1	4052	16210
	Estufa doble camara	4,6	147	587
	Chimenea	0,0	0	0
Total			60827	243308

Tabla V.6 Consumo de leña (m³/año) según nivel socioeconómico y artefacto

Nivel Socio Económico	Tipo de artefacto	Consumo	%
Alto	Cocina	3593	1
	Salamandra	2113	1
	Estufa simple	10066	3
	Estufa doble camara	2447	1
	Chimenea	2381	1
Medio	Cocina	38097	13
	Salamandra	4240	1
	Estufa simple	69676	23
	Estufa doble camara	13194	4
	Chimenea	10732	4
Bajo	Cocina	112807	37
	Salamandra	13792	5
	Estufa simple	20262	7
	Estufa doble camara	734	0
	Chimenea	0	0
Total		304135	100

Nota: los números no calzan exactos (719+2875=3594) debido al redondeo de cifras.



5.3 MEDIDAS DE REDUCCION DE EMISIONES

A fin de cumplir con la normas de calidad del aire para MP10 en Temuco, se requiere reducir las emisiones de este contaminante en sus distintas fuentes. En particular, este estudio se centra en la evaluación de medidas para reducir las emisiones de MP10 asociadas al uso residencial de la leña como combustible para calefacción y cocina.

La definición de las medidas de reducción de emisiones se basa en supuestos que dicen relación con la dinámica y realidad local de la ciudad de Temuco. Los supuestos bases para los escenarios son los siguientes:

- a) La leña seguirá siendo competitiva (esto implica seguirá siendo preferida) con respecto a otros combustibles. Esto debido a su precio, arraigo, y cultura. No obstante lo anterior, existirá un sector (el más acomodado de Temuco), que irá cambiando la leña por otros combustibles (como el gas), que le reportarán beneficios y que están dispuestos a pagar por ello. Entre los beneficios están: mayor espacio, mejor calidad del aire interior, confort, mercado.
- b) Existirá un escenario Regulatorio, que “obligará” a cumplir estándares de emisión, certificación, y que promoverá el uso de otros combustibles. Esto se vería reflejado en medidas que se implementarán para regular los equipos de calefacción y/o regular el combustible leña.
- c) El 80% de la leña utilizada en los equipos de combustión residencial es húmeda y el 20% restante, es seca. (Mauricio Lobos asesor CONAMA).
- d) La densidad de la leña utilizada en Temuco y Padre Las Casas es de 0.7 Ton/m^3 . (Mauricio Lobos asesor CONAMA)



5.3.1 Descripción de las medidas de reducción de emisiones de MP10.

M1. Norma de Emisión para calefactores a leña / Mejoramiento tecnológico de calefactores a leña.

Descripción:

Consiste en establecer un límite de emisión de MP para calefactores (estufas simples y doble cámara) nuevos que utilizan leña. La norma de emisión es la meta a alcanzar por los fabricantes, quienes se verán obligados a mejorar y rediseñar los calefactores a leña, con el objeto de aumentar su eficiencia y reducir las emisiones.

Supuestos:

- La leña sigue manteniendo el precio más conveniente para la calefacción.
- La norma es oficial, aplicable en la zona urbana para todos los calefactores nuevos que entran al mercado.
- Viviendas nuevas adquieren calefactor mejorado.
- Probabilidad de que viviendas de estratos muy bajos no adquieran nuevo calefactor.
- Las viviendas existentes continúan utilizando sus calefactores originales, debido al desconocimiento de la tasa de recambio. Esto agregará una incertidumbre al potencial de reducción de emisiones.
- La norma comienza a operar el año 2007.

Factor de Emisión:

Se le asigna un factor de 4 g MP10/Kg de leña a la estufa simple y cámara doble, la cual corresponde al valor de equipos de calefacción de Suiza que establece el EMPA (ver Anexo B). Este valor se justifica además, a juicio de experto (Thomas Nussbaumer), en que se indica que un calefactor mejorado tiene un potencial de reducción de emisiones de un factor de 2 a 5 [14]

Análisis de la medida:

Esta medida (M1) afecta sólo a los calefactores nuevos a partir del año 2007. La Tabla V.7 muestra el porcentaje de calefactores (estufas simples y dobles) en cada año de evaluación, con respecto al 2006.



Tabla V.7 Porcentaje de calefactores respecto al total de equipos a leña, y de equipos afectados a la medida según nivel socioeconómico

Año	% Calefactores	Calefactores Nuevos	Nivel Socio Económico		
			Alto	Medio	Bajo
2001	34.6				
2007	38.6	1.8	0.5	1.1	0.2
2010	39.0	7.3	2.1	4.4	0.7
2015	41.1	17.0	5.0	10.4	1.5

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla V.7 se observa que para el año de inicio de la medida (2007), solamente un 1.8% de los artefactos de combustión a leña se verán afectados por esta medida, por lo cual no se esperaría un gran impacto. Para el 2015, un 17% del total de equipos a leña, estarían afectados a esta medida, por tanto claramente los impactos positivos se verán en el largo plazo.

M2. Promoción de buenas prácticas en la operación de calefactores

Descripción:

Es posible mediante la educación e información, sensibilizar a la población respecto a la correcta operación de los artefactos de combustión a leña y a su adecuada mantención. Esta medida se traduce a evitar humos visibles y por tanto lograr una reducción en las emisiones.

Supuestos:

- Los cambios de conductas por vía de educación tienen respuesta a largo plazo.
- Se asume comienza el 2007.
- Estas buenas prácticas se lograrían sólo en estufas simples y doble cámara.

Factor de emisión:

3.5 g/Kg para estufa simple y 1.5 g/Kg para estufa doble cámara, para leña seca, y 7 g/Kg para ambos equipos que utilicen leña húmeda. Estos valores se obtienen de la Tabla B.1 del Anexo B (factores de emisión según condiciones de operación).

Análisis de la medida:

Esta medida afecta a todos los calefactores (simples y dobles) a partir del año 2007. De acuerdo a las proyecciones de crecimiento y por tanto del uso de equipos a leña, se observa (Tabla V.8) que el nivel socioeconómico Medio es el que más usa estos artefactos, y por tanto, si este grupo se involucrara decididamente en esta medida, se obtendrían los mayores beneficios de reducción de emisiones de MP10.



Tabla V.8 Número de calefactores afectos a medida M2, y su distribución porcentual según nivel socioeconómico

Año	Nº calefactores	Nivel Socio Económico		
		Alto	Medio	Bajo
2001	19101	4	23	7
2007	22735	8	24	9
2010	25997	9	26	9
2015	32458	11	30	10

Fuente: Elaboración Propia

M3. Restricción de Sistemas Abiertos de combustión y salamandras

Descripción:

Esta medida puede ser evaluada sólo como una opción a largo plazo, en que los usuarios de sistemas de combustión abiertos (chimeneas y salamandras) cambian estos equipos a otros sistemas convencionales como estufas simples y/o dobles. En este estudio, se ha considerado que los hogares que dejan de usar estos equipos abiertos se distribuyen de igual forma entre estufas simples y dobles.

Supuestos:

- En el corto plazo, existe una restricción para el uso de artefactos de combustión abierta, junto a esto, la población esta sensibilizada y deja de usar los sistemas abiertos de combustión o salamandras, porque son ineficientes y más contaminantes, y los reemplazan por estufas de cámara simple o doble.
- Año de inicio 2007

Factor de emisión:

Dado que hay una sustitución de los sistemas abiertos por estufas, se utiliza el factor de emisión de estufas al consumo de leña para equipos de combustión abierta (chimeneas y salamandras).

Análisis de la medida:

El total de sistemas abiertos de calefacción (salamandras y chimeneas) en el año base (2001) es de 6388, lo que corresponde a un 11.6% de los equipos de combustión a leña de ese año. Esta medida afecta a 7962, 8818, y 10452 artefactos, para los años 2007, 2010, y 2015, respectivamente.



La Tabla V.9 muestra el porcentaje de los equipos de sistemas abiertos de calefacción afectos a esta medida, respecto al total de equipos que consumen leña para calefacción y cocina en Temuco y Padre Las Casas. Aún cuando estos equipos representan tan solo entre un 14 a 17% del total de equipos a leña, la evaluación del impacto de esta medida no es tan directa, debido a que por un lado su factor de emisión es alto, pero además, la medida no implica una eliminación de sistemas de calefacción sino un recambio por otros artefactos menos contaminantes.

Al observar la distribución porcentual de equipos abiertos de calefacción a leña, se encuentra que esta medida, de ser efectiva, debería orientarse a los niveles socioeconómicos bajos los cuales concentran este tipo de equipos en mayor proporción.

Tabla V.9 Distribución porcentual de los equipos sujetos a la medida M3

Año	% Sistemas abiertos	Nivel Socio Económico		
		Alto	Medio	Bajo
2001	12	1	4	7
2007	14	2	4	8
2010	15	2	4	9
2015	17	3	5	9

M4 Reemplazo de Cocina a leña por cocina a gas

Descripción:

Se reemplaza la cocina a leña por gas. A partir del año de aplicación de esta medida se asume que toda cocina debe funcionar a gas, por tanto, para fines de este estudio, se asume emisión de MP10 igual a cero, por cuanto se está evaluando el aporte de la combustión de leña a las emisiones de materia particulada. No obstante lo anterior, y dado que se cuenta con factor de emisión de MP10 para gas licuado (GLP), de todas formas se calcula esta emisión y se deja constancia de que es debida a otro combustible.

Supuestos:

- La población reconoce la importancia de una combustión más limpia
- Existe algún mecanismo o instrumento económico para la conversión de cocinas a leña por cocinas a gas.
- Medida comienza el año 2007. A partir de este año todas las viviendas cumplen con esta medida.
- El consumo promedio de gas licuado es de 33 Kg/mes.[19]

**Factor de emisión:**

Cocinas a gas
0.034 Kg MP10/m3 de gas

Análisis de la medida:

Esta medida tendrá mayor efecto sobre el nivel socioeconómico Bajo, por cuanto las cocinas de este estrato representan sobre el 24% del total de artefactos que usan leña (ver Tabla V.10). Claramente esta medida aplicada al nivel Alto no tendrá un impacto significativo, aún considerando el consumo de leña en estos artefactos, debido a que este estrato usa mayoritariamente gas para cocinar.

Tabla V.10 Distribución porcentual del número de cocinas a leña del total de artefactos a leña según nivel socioeconómico y año de evaluación

Año	% Cocinas	Nivel Socio Económico		
		Alto	Medio	Bajo
2001	54	1	14	39
2007	46	1	10	35
2010	40	1	9	30
2015	32	1	8	24

M5 Programa de mejoramiento de la calidad de la leña**Descripción:**

Preparar al sector de productores y comercializadores de leña, a cumplir con la futura prohibición de venta de leña húmeda. Articular entre productores y leñeros una red de comercialización de leña certificada.

Supuesto:

- Las medidas generan un recambio del consumo de leña húmeda por seca en un 5% anual.

Este estudio ha considerado que la leña en Temuco y Padre Las Casas se consume en un 80% húmeda y 20% seca. Esta medida (M5) asume que cada año, a partir del 2007, un 5% del consumo de leña húmeda pasa a seca.

Dado que se asume un 5% fijo anual, la tasa de cambio de húmeda a seca corresponde a un crecimiento del tipo interés compuesto de la siguiente forma:



$$\text{Tasa de cambio anual} = (1+5\%)^n$$

Donde:

N = Número de años comenzando el 2007 (es decir, n = 1 para el 2007)

Cabe notar que el consumo total de leña proyectado para un año de evaluación sigue constante, lo único que produce esta medida es una redistribución del consumo de leña húmeda y seca.

- Año de inicio: 2007.

Factor de emisión:

Los mismos de la Tabla V.1, para cada artefacto considerando su humedad.

Análisis de la medida:

Tal como muestra la Tabla V.11, para el año base, la distribución de leña seca es de un 20%. Con esta medida (M5), el consumo de leña húmeda va disminuyendo a razón de un 5% anual, lo que genera al año 2007 un 24% de leña seca consumida en combustión residencial, un 37% el 2010, y un 64% el 2015. Dado que la emisión de combustión de leña seca es menor que la leña húmeda (ver Anexo B), se espera un gran impacto de esta medida.

Respecto al impacto de esta medida según nivel socioeconómico, se observa de la Tabla V.11, que los niveles Medio y Bajo son los que acusarán la mayor variación, debido a que son ellos los que representan sobre el 80% del uso de leña seca.

Tabla V.11 Distribución porcentual del consumo de leña seca según año de evaluación y nivel socioeconómico

Año	% de leña seca	Nivel Socio Económico		
		Alto	Medio	Bajo
2001	20	1	9	10
2007	24	3	10	11
2010	37	5	16	16
2015	64	11	30	23



M6 Restricción de venta de leña húmeda

Descripción:

Esta medida es una extensión de la M5, en que se considera la prohibición y fiscalización de venta de leña húmeda en la ciudad.

Supuesto:

- Se cuenta con una Ordenanza, Norma INN e institucionalidad que regule calidad de la leña.
- Toda la leña que se comercializa y usa esta seca.
- Año de inicio: 2007.

Factor de emisión:

Factores para leña seca de la Tabla V.1.

Análisis de la medida:

La Tabla V.12 muestra que para el año base (2001), sólo el 7% de la leña seca es consumida por el nivel Alto, y que el 93% restante se distribuye casi proporcionalmente entre el nivel Medio y Bajo. Al aplicar la medida de restricción de leña húmeda (M6) esta situación se ve alterada, aumentando el peso relativo del nivel socioeconómico Alto a un 12% el 2007 hasta un 17% el 2015, sin embargo, los niveles Medio y Bajo siguen siendo los más relevantes. Por otro lado, el incremento en el porcentaje de uso de leña seca en los niveles Alto y Medio, y la disminución del peso relativo del nivel Bajo, es un reflejo fiel de la proyección de la distribución de los niveles socioeconómicos, en que los niveles bajos tienden a disminuir (Ver Capítulo 4).

El impacto de esta medida se evalúa positivamente y significativa, debido a lo sensible que resulta el cálculo de la emisión de MP10 a los factores de emisión, y éstos al contenido de humedad de la leña.

Tabla V.12 Consumo de leña seca (m³/año) y Distribución porcentual según nivel socioeconómico y año de evaluación de la medida

Año	Consumo de leña seca (m ³ /año)	Nivel Socio Económico		
		Alto	Medio	Bajo
2001	60827	7	45	48
2007	312870	12	41	47
2010	327197	14	44	42
2015	360628	17	47	36



5.3.2 Independencia y complementariedad entre medidas

Las medidas evaluadas en este estudio afectan a distintos equipos de combustión residencial y por tanto a los consumos de leña. De la Tabla V.13 se desprende que la medida M5, aún cuando se aplica a todos los equipos de combustión, sólo afecta al 4% del consumo de la leña al año 2007, mientras que la medida M4, que se aplica sólo a las cocinas, afecta al 43% del consumo de leña en ese mismo año. Esta relación entre equipos afectados por una medida, los niveles de consumo de leña, los factores de emisión, la distribución de usos por nivel socioeconómico, y complementariedad o independencia de las medidas a aplicar, son relevantes al momento de diseñar las estrategias de control de emisiones en la ciudad.

De las seis medidas, se encuentra que cuatro de ellas (M1, M3, M4, y M6) son independientes y directas, es decir, pueden ser aplicadas simultáneamente y el efecto total ser la suma de ellas. Por otro lado, las medidas M2 y M5, son indirectas, en el sentido de que dichas medidas provienen de programas orientados a capacitar, educar, e incentivar a la población para que a través de un cambio de hábito se logre las buenas prácticas de operación de los equipos de combustión residencial de leña.

Tabla V.13 Consumo de leña afecto a medidas de control de emisiones 2007

Medidas	Equipo a que afecta	Consumo afectado	
		m ³ /año	%
M1	Estufa simple y cámara doble	6130	2
M2	Estufa simple y cámara doble	136973	44
M3	Salamandra y chimenea	41632	13
M4	Cocinas	134264	43
M5	Todos	12515	4
M6	Todos	250296	80

- M1: Norma de emisión calefactores
- M2: Promoción de buenas prácticas de operación de los equipos
- M3: Restricción de sistemas abiertos
- M4: Cambio de cocina a leña por cocina a gas
- M5: Incremento de un 5% anual de leña seca
- M6: Prohibición de venta de leña húmeda



6. PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE MP10

6.1 ANALISIS ENCUESTA VITAE

A partir de la información de la encuesta VITAE [1], se extrajeron los datos que permitieron estimar los parámetros (probabilidades de uso de equipos, consumo de leña, y caracterización del nivel socioeconómico) con los cuales se desarrolló el modelo de cálculo para estimar las emisiones de MP10 debido al uso residencial de leña para cocina y calefacción (ver Capítulo 7).

Es así como se estableció en función del nivel socioeconómico, la probabilidad de que una vivienda use un artefacto de combustión a leña (cocina, estufa simple, estufa doble, salamandra, chimenea). Utilizando la información anterior en conjunto con las proyecciones de crecimiento urbano (Capítulo 4), se estimó el número de artefactos por nivel socioeconómico para cada año de corte de este estudio. Además de la encuesta VITAE [1] se determinó el consumo promedio anual de leña por equipo, el cual fue ajustando por el factor 1.75 (actualización de la encuesta realizada por la Universidad de Concepción). Al multiplicar el consumo promedio de leña por equipo por el número de equipos, se obtiene el consumo anual de leña por artefacto y nivel socioeconómico, y utilizando la distribución de 20 y 80% para consumo de leña seca y húmeda, respectivamente, se obtiene finalmente el consumo de leña desagregado por nivel socioeconómico, tipo de artefacto, y nivel de humedad, para cada año de estudio.

El procedimiento general de cálculo se muestra en la Figura 6.1.

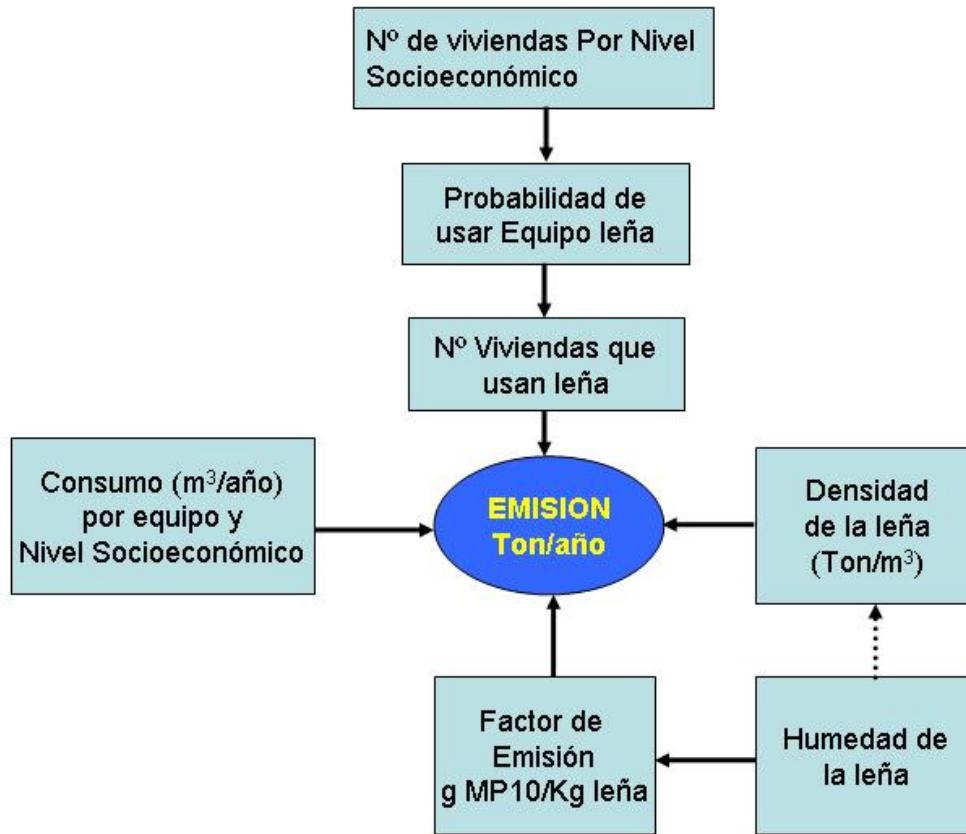


Figura 6.1 Procedimiento para el cálculo de emisión de MP10

La figura 6.1 muestra un esquema simplificado del procedimiento para estimar las emisiones anuales de MP10 en Temuco. La determinación se inicia con una estimación del número de viviendas desagregadas por nivel socioeconómico (NSE) para cada año de proyección, la cual se obtuvo del análisis del Plan Regulador Comunal y de las proyecciones de SECTRA y el INE (Capítulo 4). Cada vivienda y de acuerdo a su NSE, presenta una probabilidad de usar un equipo de combustión a leña, para fines de cocinar o calefaccionar el hogar. La Tabla VI.1 muestra las probabilidades de usar un equipo a leña en Temuco.

Tabla VI.1 Probabilidad de uso por artefacto y Nivel Socioeconómico

	Alto	Medio	Bajo
Cocina	0.08	0.28	0.589
Salamandra	0.03	0.04	0.104
Estufa simple	0.30	0.39	0.108
Estufa doble camara	0.09	0.08	0.004
Chimenea	0.07	0.04	0.000

Elaboración propia a partir de encuesta VITAE



6.2 ESTIMACION DE EMISIONES

El cálculo para estimar emisiones de MP10 se estructuró en una planilla excel denominada **EMISIONES.xls**. Los datos de ingreso son: el número total de viviendas y su distribución por nivel socioeconómico para los años de corte del estudio.

La planilla contiene, por nivel socioeconómico y artefacto, las probabilidades de uso, los consumos de leña promedio, los factores de emisión, la densidad de la leña, la distribución por humedad de la leña, y las tasas de recambio de cocinas a leña, por cocinas a gas.

Las tasas anuales de recambio de uso de combustible para cocina a leña por gas según nivel socioeconómico, se estimaron utilizando la información del censo de 1992 y del 2002, obteniéndose los siguientes resultados:(ver Tabla VI.2)

Tabla VI.2 Tasa de recambio de cocinas a leña por gas

Nivel Socioeconómico	Tasa de recambio
Alto	-1.0667
Medio	-1.0596
Bajo	-1.0523

Estas tasas se utilizan para proyectar la disminución en el consumo de leña para cocinas en cada año de proyección de este estudio.

Los consumos de leña ($m^3/año$), se transforman a toneladas al año, utilizando la densidad de $0.7 \text{ ton}/m^3$ (Mauricio Lobos asesor CONAMA). Luego las toneladas se transforman a kilos, los cuales al multiplicarse por los factores de emisión ($g \text{ MP10}/Kg \text{ leña}$), producen emisión anual de MP10 para cada uno de los artefactos desagregados por nivel socioeconómico y calidad de la leña que consumen.

Con esta información se estructuran tres tablas y sus gráficos. Una de ellas resume el consumo anual de leña y la emisión por cada tipo de artefacto y nivel socioeconómico, otra resume el consumo total por cada equipo, y finalmente la tercera, entrega la emisión total por cada equipo de combustión (ver Figura 7.21).

La Tabla VI.3, muestra el consumo y las emisiones anuales de MP10 para el año base (2001), desagregado por nivel socioeconómico, humedad de la leña, y tipo de artefacto.



Tabla VI.3 Estimación de emisiones de MP10 según nivel socioeconómico y tipo de artefacto a leña. Año Base 2001

Nivel Socioeconómico	Humedad	Tipo de artefacto	Consumo		Factor Emisión	Emisión
			Ton/año	Kg/año	gMP10/Kg leña	Ton/año
Alto	Seco	Cocina	503	503089	15,3	8
		Salamandra	296	295847	8,5	3
		Estufa simple	1409	1409292	8,1	11
		Estufa doble camara	343	342573	8,1	3
		Chimenea	333	333402	16,6	6
	Húmedo	Cocina	2012	2012356	17,3	35
		Salamandra	1183	1183387	15,9	19
		Estufa simple	5637	5637170	15,3	86
		Estufa doble camara	1370	1370293	10,2	14
		Chimenea	1334	1333609	17,3	23
Medio	Seco	Cocina	5334	5333511	15,3	82
		Salamandra	594	593593	8,5	5
		Estufa simple	9755	9754630	8,1	79
		Estufa doble camara	1847	1847123	8,1	15
		Chimenea	1502	1502465	16,6	25
	Húmedo	Cocina	21334	21334044	17,3	369
		Salamandra	2374	2374373	15,9	38
		Estufa simple	39019	39018519	15,3	597
		Estufa doble camara	7388	7388491	10,2	75
		Chimenea	6010	6009858	17,3	104
Bajo	Seco	Cocina	15793	15793024	15,3	242
		Salamandra	1931	1930852	8,5	16
		Estufa simple	2837	2836740	8,1	23
		Estufa doble camara	103	102712	8,1	1
		Chimenea	0	0	16,6	0
	Húmedo	Cocina	63172	63172095	17,3	1093
		Salamandra	7723	7723409	15,9	122
		Estufa simple	11347	11346961	15,3	174
		Estufa doble camara	411	410848	10,2	4
		Chimenea	0	0	17,3	0

Por último, la Tabla VI.4 entrega un resumen del cálculo de la emisión de MP10 (ton/año) según artefacto y su contribución al total de emisiones.

Tabla VI.4 Emisión de MP10 (ton/año) por tipo de artefacto - 2001

TIPO DE ARTEFACTO	EMISION ton/año	%
Cocina	1828	56
Salamandra	203	6
Estufa simple	970	30
Estufa doble camara	112	3
Chimenea	158	5
Total	3270	100



6.3 PROYECCION DEL CASO BASE

El escenario base considera la estimación de las emisiones al año 2001 y su proyección a los años de evaluación (2007, 2010, y 2015) sin medidas. La evolución de las emisiones seguirá la tendencia de crecimiento por nivel socioeconómico de las ciudades, ya que es éste el único parámetro variable en cada uno de los años de estudio. La Figura 6.2 muestra el número de viviendas según nivel socioeconómico para cada año de evaluación, obtenida a través del estudio de crecimiento urbano de la ciudad (ver Capítulo 4).

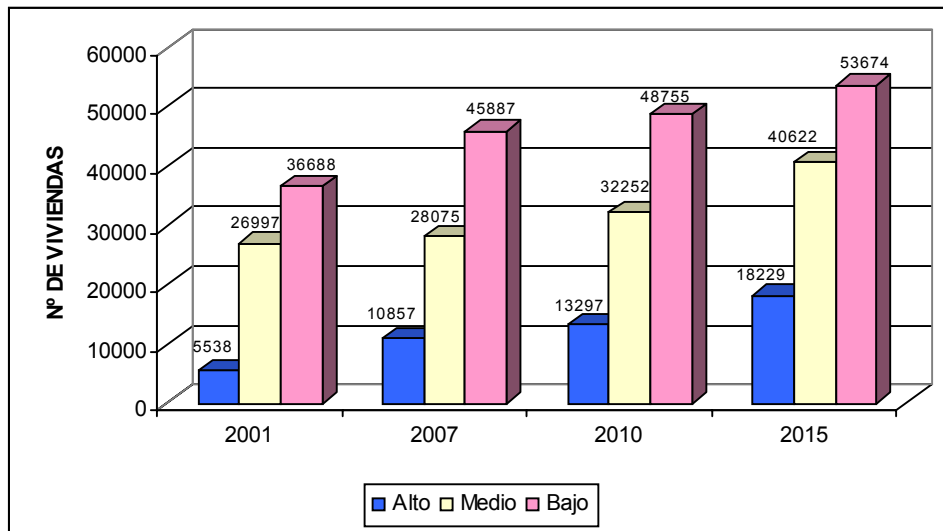


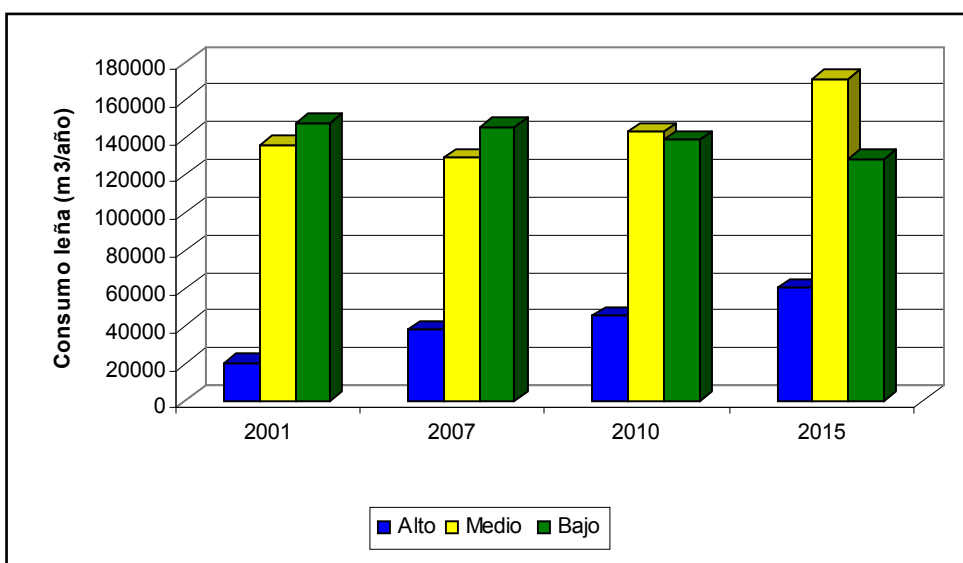
Figura 6.2 Proyección del número de viviendas según nivel socioeconómico

La Tabla VI.5 indica que el consumo de leña se incrementará en Temuco y Padre Las Casas en un 2.9% al 2007, en un 7.6% al 2010, y en un 18.6% al 2015, producto del crecimiento de las ciudades. La distribución de este crecimiento según nivel socioeconómico se muestra en la Figura 6.3, y de ella se observa que para el nivel Alto, el consumo es siempre creciente, no así para el nivel Medio, el cual al 2007 presenta una disminución para luego incrementarse nuevamente hasta el 2015. El consumo de leña para el nivel Bajo presenta una tendencia negativa, es decir, decrece para todos los años. Esto se debe a que según las proyecciones de crecimiento urbano de las ciudades en estudio, el nivel Bajo disminuye mientras que los otros aumentan (ver Tabla IV.8). La Figura 6.3 muestra además que los mayores consumos de leña corresponden a los niveles Medios y Bajos, con un 44.7% y 48.5%, respectivamente, mientras que el nivel Alto representa sólo el 6.8% del consumo de leña total en Temuco y Padre Las Casas.



Tabla VI.5 Consumo de leña por equipo y año de evaluación

Consumo (m ³ /año)	AÑOS			
	2001	2007	2010	2015
Cocina	154497	134264	123240	106525
Salamandra	20145	25802	28468	33514
Estufa simple	100005	117538	134338	167621
Estufa doble camara	16374	19436	22613	28981
Chimenea	13113	15829	18539	23987
Total	304135	312870	327197	360628

Figura 6.3 Consumo anual de leña (m³) proyectado

El consumo de leña desagregado por tipo de artefacto utilizado para cocinar y calefaccionar las viviendas, y por nivel socioeconómico, para cada año de estudio se muestra en la Figura 6.4. De ella se observa que la estufa simple es la mayor fuente de consumo de leña para los niveles Alto y Medio, y dicho consumo además presenta una tendencia creciente. Para el nivel Bajo, la leña se destina principalmente para cocina, sin embargo, dicho consumo va disminuyendo en el tiempo.

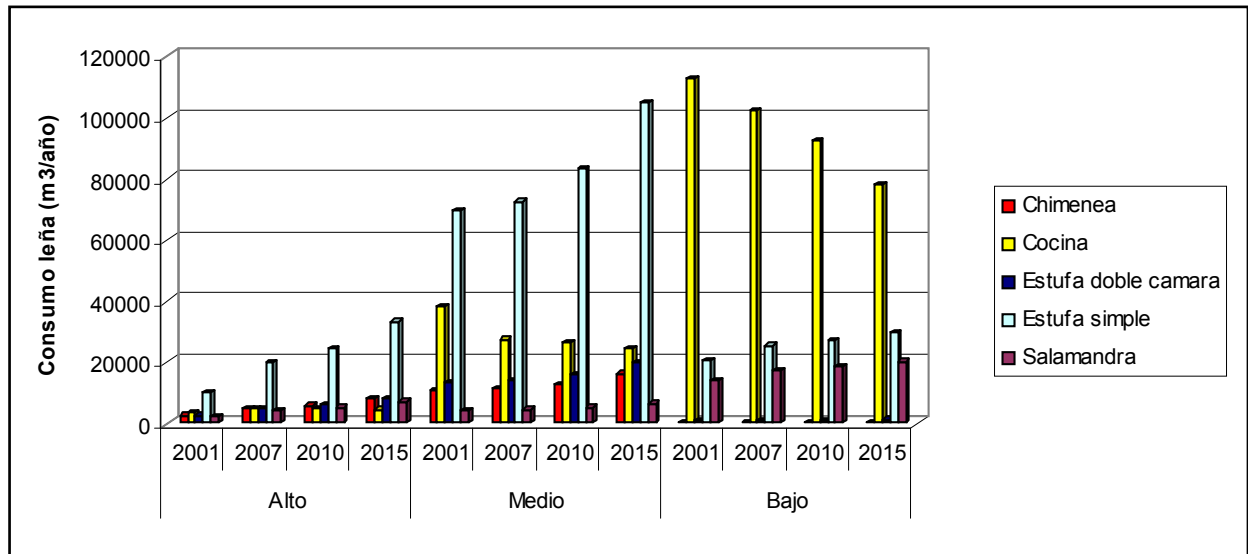


Figura 6.4 Consumo de leña por artefacto y nivel socioeconómico según año de evaluación

- **Cálculo de Emisiones**

Uno de los parámetros más sensibles al momento de estimar las emisiones de MP10 por combustión de leña, es el Factor de Emisión, el cual depende entre otras cosas, del equipo de combustión, las condiciones de operación, y el contenido de humedad de la leña. Desafortunadamente no existen datos confiables que puedan ser usados para éstos parámetros que reflejen la realidad de Temuco, por tanto de la revisión bibliográfica se han extraído factores conservadores (máximos), promedios, y mínimos que permiten sensibilizar la estimación de las emisiones (ver Tablas V.1, V.2, y V.3) Es así como al utilizar los factores de emisión máximo por tipo de artefacto se obtienen las toneladas anuales de MP10 para cada año de análisis (ver Tabla VI.6).

En Anexo C se entregan las Tablas y gráficos de la estimación de emisiones al utilizar los factores de emisión mínimos y promedios.

La Tabla VI.6 muestra que de no tomar acciones sobre las emisiones de MP10 en los equipos de combustión residencial, se esperaría un crecimiento de 1.3%, 4.7%, y 13.5%, de las emisiones al año 2007, 2010, y 2015, respectivamente, respecto al año base (2001).

Según el tipo de artefacto, se encuentra que las emisiones de MP10 debido a las cocinas disminuirán en un 31% al año 2015, respecto al año base (2001), esto debido a que existe una tasa natural de recambio de cocinas a leña por cocinas a gas.



Las emisiones de MP10 debido a los otros equipos de combustión incrementarán en un 66%, 68%, 77%, y 83% para los artefactos de salamandras, estufas simples, estufas doble cámara, y chimeneas, respectivamente.

**Tabla VI.6 Proyección de emisiones sin medidas (ton/año),
utilizando factores de emisión máximos**

Tipo de Artefacto	2001	2007	2010	2015
Cocina	1828	1588	1458	1260
Salamandra	203	260	287	338
Estufa simple	970	1140	1303	1626
Estufa doble camara	112	133	155	198
Chimenea	158	190	223	288
Total	3270	3312	3425	3711

Al considerar los factores de emisión máximos, se obtiene además, el aporte a las emisiones por nivel socioeconómico (Figura 6.5), y por nivel socioeconómico y tipo de artefacto (Figura 6.6).

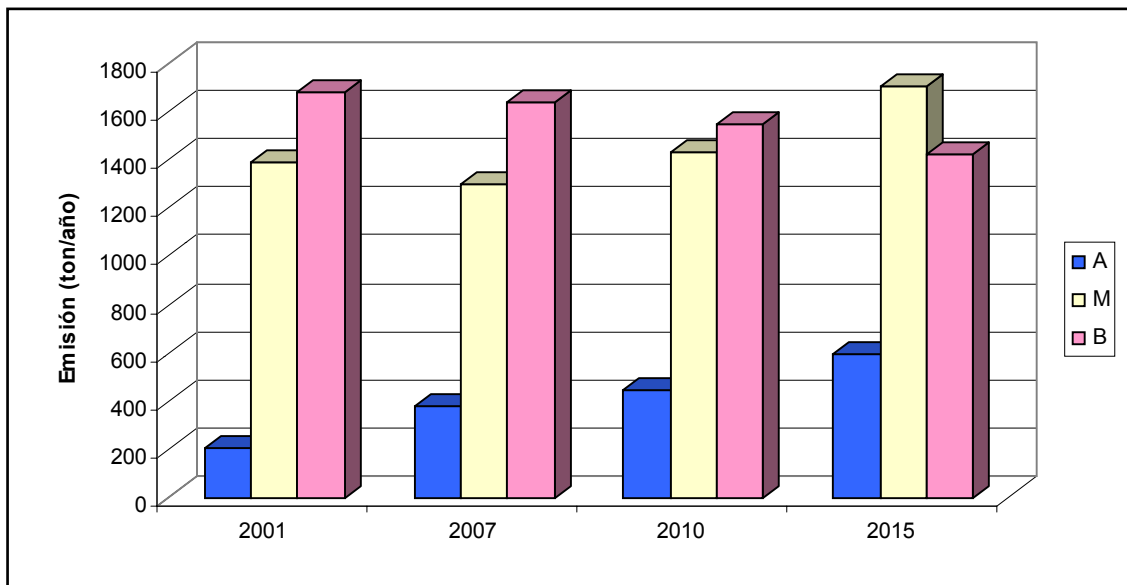


Figura 6.5 Emisión anual de MP10 proyectada sin medidas según nivel socioeconómico.

La Figura 6.5 indica que el nivel Alto es el que menos aporta a las emisiones de MP10 provenientes de la combustión residencial de leña (6.3% el 2001), y que los niveles Medio y Bajo serían los responsables del 42.5% y 51.2%, respectivamente de las emisiones al año 2001. Cabe notar que la distribución de emisiones por nivel socioeconómico y año de



evaluación sigue un patrón similar al consumo de leña (Figura 6.3), sin embargo, a partir del año 2010, el consumo del nivel Medio supera al del nivel Bajo, no así en las emisiones, en que ese patrón se observa sólo en el 2015.

La Figura 6.6 muestra la emisión de MP10 desagregado por tipo de artefacto y por nivel socioeconómico, para cada año de estudio. De ella se observa que la estufa simple es la mayor fuente de emisión de materia particulada para los niveles Alto y Medio, y dicha emisión, además presenta una tendencia creciente. Para el nivel Bajo, la emisión de MP10 proviene principalmente de la combustión de leña para cocinar, sin embargo, dicha emisión va disminuyendo en el tiempo.

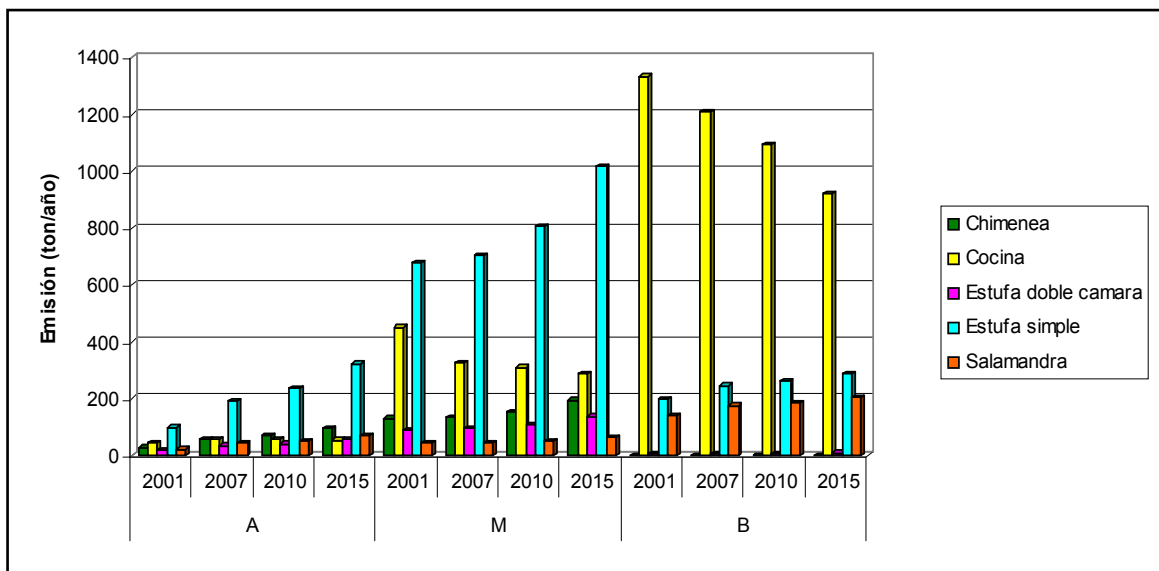


Figura 6.6 Emisión de MP10 por artefacto y nivel socio-económico, utilizando Factores de Emisión máximos



6.4 PROYECCION DE EMISIONES CON MEDIDAS

Al considerar la evolución de la población de Temuco y Padre Las Casas, por nivel socioeconómico y la tendencia en el uso de la leña (ver Capítulo 4) para cada uno de los cortes de este estudio (2007, 2010, 2015), y considerando las medidas de reducción de emisiones (Capítulo 5) se obtienen las emisiones esperadas.

La Tabla VI.7 muestra las medidas evaluadas para el control de emisiones de MP10.

Tabla VI.7 Descripción medidas de reducción de emisiones de MP10

N°	Código	Nombre	Ambito que afecta	Año Inicio
1	M1	Norma Emisión calefactores	Factor de Emisión	2007
2	M2	Buenas prácticas operación	Factor de Emisión	2007
3	M3	Restricción sistemas abiertos Largo Plazo	Uso de sistemas abiertos	2007
4	M4	Cambio de leña a GLP en cocinas	Factor Emisión cocina	2007
5	M5	Mejoramiento calidad leña 5%/año	Consumo leña seca	2007
6	M6	Restricción venta leña húmeda	Consumo de leña húmeda	2007

Los resultados de las medidas utilizando el modelo *Emisiones.xls* (que se describe en 7.2) se muestra la Tabla VI.8 y más detalles de estos en el Anexo C.

Tabla VI.8 Emisión anual (Ton/año) de MP10 según medidas de control de emisiones

ANO	Emisión de MP10 (TON/ANO)						
	BASE	M1	M2	M3	M4	M5	M6
2001	3270						
2007	3312	3272	2637	3216	1723	3274	2552
2010	3425	3257	2653	3310	1968	3246	2595
2015	3711	3287	2745	3555	2450	3172	2734

Al sustraer la emisión sin medida proyectada para cada año, de cada una de las medidas, se obtiene la reducción neta ó el delta de emisiones que se logra al implementar dicha media. La Tabla VI.9 muestra esta información.

Tabla VI.9 Delta de emisiones (Ton/año) según medida respecto a la situación base

ANO	REDUCCION (DELTA) RESPECTO ANO SIN MEDIDA					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
2001						
2007	40	675	96	1589	38	760
2010	168	772	115	1457	179	830
2015	424	966	156	1261	539	977

La reducción en la emisión de MP10 de cada medida respecto al base, expresada en porcentaje se muestra en la Tabla VI.10.



Tabla VI.10 Porcentaje de reducción por medida

ANO	% REDUCCIÓN RESPECTO AÑO SIN MEDIDA					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
2001						
2007	1.2	20.4	2.9	48.0	1.1	22.9
2010	4.9	22.5	3.4	42.5	5.2	24.2
2015	11.4	26.0	4.2	34.0	14.5	26.3

La Figura 6.7 grafica la evolución en el tiempo de las emisiones de MP10 en toneladas anuales, producto de la combustión residencial, esperadas para la situación sin medidas y para cada una de las medidas evaluadas.

Tal como se explicó en 5.4.2, existen medidas que son directas e independientes (M1,M3,M4, y M6), y otras indirectas (M2 y M5). Dado que las medidas directas e independientes pueden ser aplicadas simultáneamente, se estimó el impacto de la aplicación conjunta de dichas medidas. La Figura 6.8 muestra el potencial de reducción de emisiones de MP10 al aplicar simultáneamente las medidas independientes. De ella se observa que se logra una reducción del 75% de las emisiones, respecto de la evolución sin medidas.

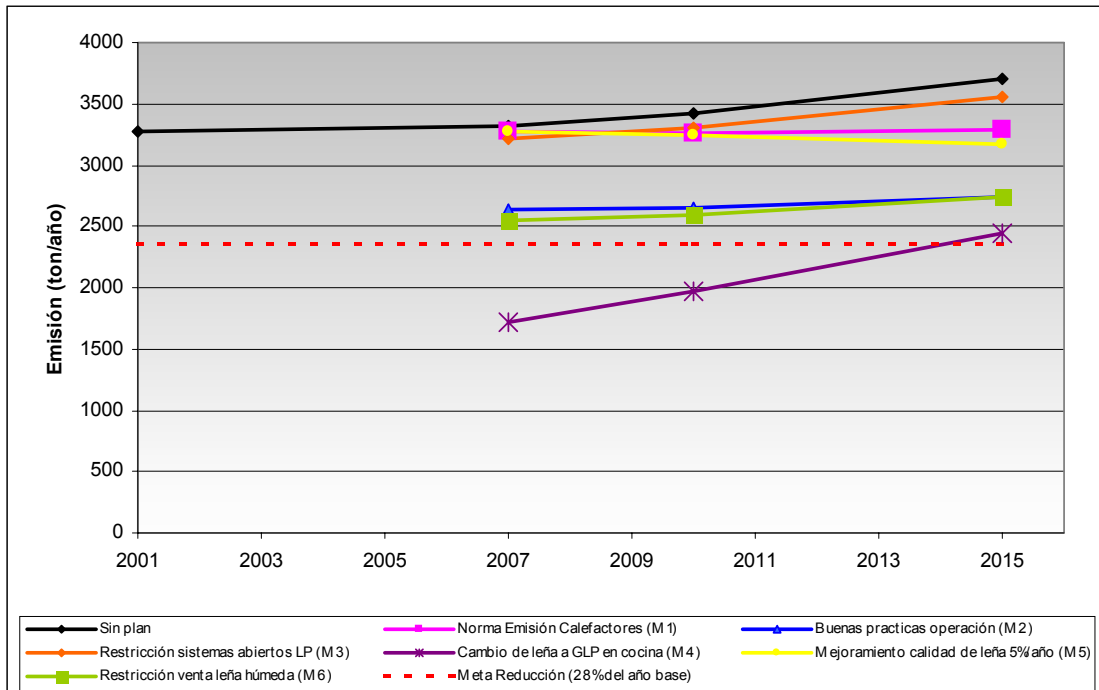


Figura 6.7 Emisión de MP10 con y sin medidas según año de estimación

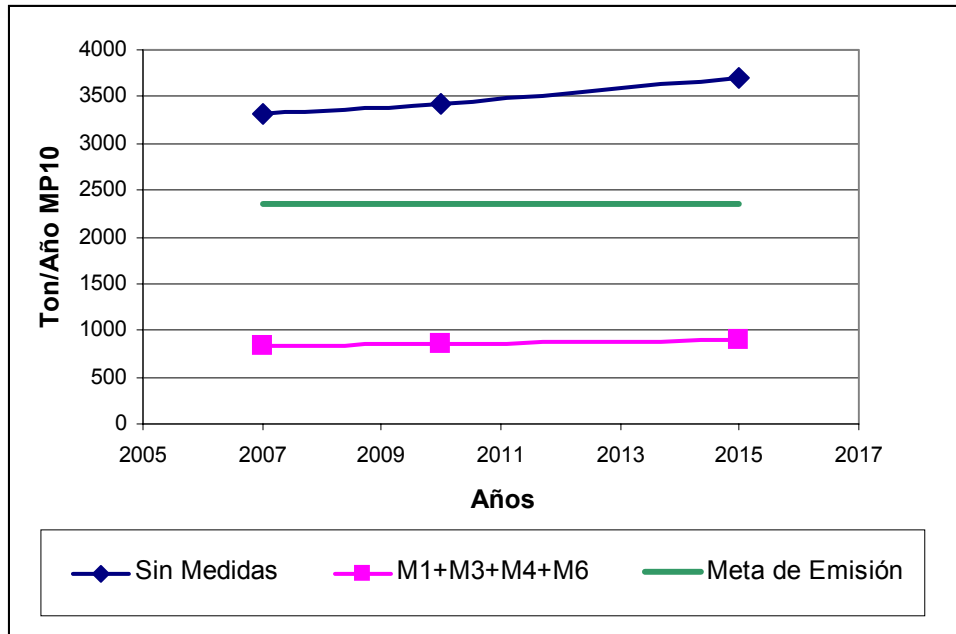


Figura 6.8 Evolución de emisiones de MP10 al considerar todas las medidas directas simultáneamente, según año de estimación



6.5 ANALISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS

Al comparar la proyección de emisiones de MP10 producto de la combustión residencial de leña, con y sin medidas para reducir las emisiones, se encuentra que existe un amplio rango de variación. Para el año 2007 se espera una reducción entre un 1.1% y un 48%, un 3.4% y un 42.5% para el año 2010, y un 4.2% a 34% para el año 2015, dependiendo de que medida se aplique (ver Tabla VI.11).

Tabla VI.11 Reducción porcentual de las emisiones según medidas y año de evaluación

Año	Tipo de Artefacto	M1	M2	M3	M4	M5	M6
2007	Cocina	0.0	0.0	0.0	-100.0	-0.5	-9.5
	Salamandra	0.0	0.0	-100.0	0.0	-2.0	-40.9
	Estufa simple	-3.1	-54.5	19.0	0.0	-2.1	-41.6
	Estufa doble camara	-3.0	-39.7	103.3	0.0	-0.9	-17.2
	Chimenea	0.0	0.0	-100.0	0.0	-0.2	-3.3
	Reducción total	-1.2	-20.4	-2.9	-48.0	-1.1	-22.9
2010	Cocina	0.0	0.0	0.0	-100.0	-2.0	-9.5
	Salamandra	0.0	0.0	-100.0	0.0	-8.8	-40.9
	Estufa simple	-11.6	-54.5	18.5	0.0	-9.0	-41.6
	Estufa doble camara	-10.8	-39.7	98.7	0.0	-3.7	-17.2
	Chimenea	0.0	0.0	-100.0	0.0	-0.7	-3.3
	Reducción total	-4.9	-22.5	-3.4	-42.5	-5.2	-24.3
2015	Cocina	0.0	0.0	0.0	-100.0	-5.2	-9.5
	Salamandra	0.0	0.0	-100.0	0.0	-22.6	-40.9
	Estufa simple	-23.4	-54.5	17.7	0.0	-22.9	-41.6
	Estufa doble camara	-21.4	-39.7	91.9	0.0	-9.5	-17.2
	Chimenea	0.0	0.0	-100.0	0.0	-1.8	-3.3
	Reducción total	-11.4	-26.0	-4.2	-34.0	-14.5	-26.3

- M1: Norma de emisión calefactores
M2: Promoción de buenas prácticas de operación de los equipos
M3: Restricción de sistemas abiertos
M4: Cambio de cocina a leña por cocina a gas
M5: Incremento de un 5% anual de leña seca
M6: Prohibición de venta de leña húmeda

De la Tabla VI.11 se desprende que la medida que más ayuda a reducir emisiones de MP10 es la M4, lo cual se justifica por el alto consumo de leña que se utiliza en las cocinas en Temuco y Padre Las Casas. No obstante lo anterior, cabe notar que si bien la medida M4 considera un cambio de cocinas a leña por cocinas a gas, de todas formas existe una emisión de MP10 debido a la combustión del gas, y esto no se ha considerado en este estudio, toda vez que el objetivo es la evaluación del impacto de la combustión de leña.

Tal como se explicó en el Capítulo 5 al describir las medidas, la combustión del gas licuado tiene un factor de emisión de materia particulada igual a 0.034 Kg MP10/m³ de gas. Al utilizar



este factor al consumo de gas que se destinaría a cocina [19], en cada año de evaluación, se obtienen las siguientes emisiones de MP10 debidas a la medida M4 (ver Tabla VI.12).

Tabla VI.12 Emisión de MP10 (Ton/año), debido a combustión de leña y gas licuado

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina a gas	184	169	146
Salamandra	260	287	338
Estufa simple	1140	1303	1626
Estufa doble camara	133	155	198
Chimenea	190	223	288
Total	1907	2137	2596

Se observa que el aporte de MP10 de las cocinas a gas es marginal respecto a la emisión de cocinas a leña, las que representan un 56% del total de emisiones (ver Tabla VI.4).

Al comparar los porcentajes de reducción de las emisiones de MP10 de la medida M4 y considerando la emisión de MP10 que se esperaría con las cocinas a gas, se encuentra que se logra reducir las emisiones en un 42.4% al 2007, 37.6% al 2010, y en un 30% al 2015.

De la Tabla VI.11, se observa además, que las medidas M1 y M5, tienen efectos a largo plazo, cuando el número de estufas nuevas sea mayor, y cuando el porcentaje de leña seca sea también más significativo.

La medida M2 resalta por su gran aporte a la disminución de emisiones, rescatándose la importancia de aplicar programas que apunten a las buenas prácticas de operación en los equipos de combustión residencial.

La medida M6, es la segunda en importancia para reducir las emisiones, destacando la necesidad de aplicar programas y medias para el manejo y la comercialización de leña seca en Temuco y Padre Las Casas.

La medida M3 es una de las que produce las menores reducciones (menos del 5%), y esto se debe por una parte, a que la combustión de salamandras y chimeneas representan sólo el 11% de las emisiones de MP10, y que además la medida considera que el consumo de leña de salamandras y chimeneas se traspasa a estufas.



7. MODELO PARA ESTIMAR EMISIONES

El cálculo de las emisiones proyectadas según medidas de reducción, se ha implementado en dos sistemas. Uno de ellos en plataforma ArcView, la cual realiza los cálculos y permite la visualización espacial de las emisiones de MP10, a nivel zonal. El otro sistema se implementó en planilla Excel, la cual presenta mayor flexibilidad al momento de evaluar otras medidas no consideradas en este estudio.

7.1 MODELO DE EMISIONES EN ARCVIEW

La aplicación para el cálculo de emisiones se presenta mediante una extensión para el software SIG Arcview 3.x de ESRI.

La extensión es un objeto de *Arcview* que permite ampliar las capacidades del SIG a la solución de problemas específicos, como es el cálculo de emisiones de artefactos relacionadas a la leña en la ciudad de Temuco y Padre Las Casas. En términos computacionales, una extensión es un archivo en formato *avx*, el que debe ser instalado, para acceder a la Aplicación.

7.1.2 Requerimientos

Cabe señalar, que para el funcionamiento de la Extensión desarrollada, es necesario haber instalado anteriormente los siguientes programas y extensiones de Arcview 3.2:

- **Software:** Arcview 3.2
- **Extensión:** Dialog Designer (Incluida con Arcview 3.2)

7.1.3 Instalación

La instalación del programa debe ser de preferencia en C:\, quedando una carpeta principal llamada *Emisiones*, como se ve en la Figura 7.1.

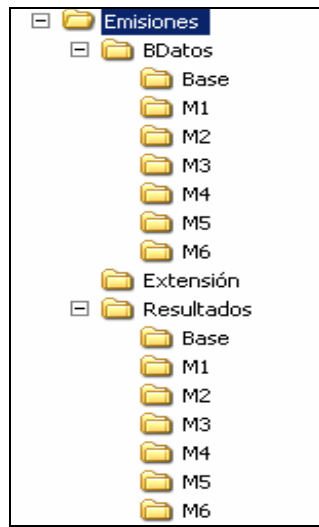


Figura 7.1 Ruta de instalación de los archivos del programa de Emisiones

Dentro de esta carpeta, se encuentra una subcarpeta denominada *Extensión*. En ella, se podrá encontrar el archivo *emisiones.avx* (ver Figura 7.2). Este deberá ser instalado en la carpeta que Arcview 3.x tiene destinado especialmente para ello. La ruta es la siguiente:

C:\ESRI\AV_GIS30\ARCVIEW\EXT32

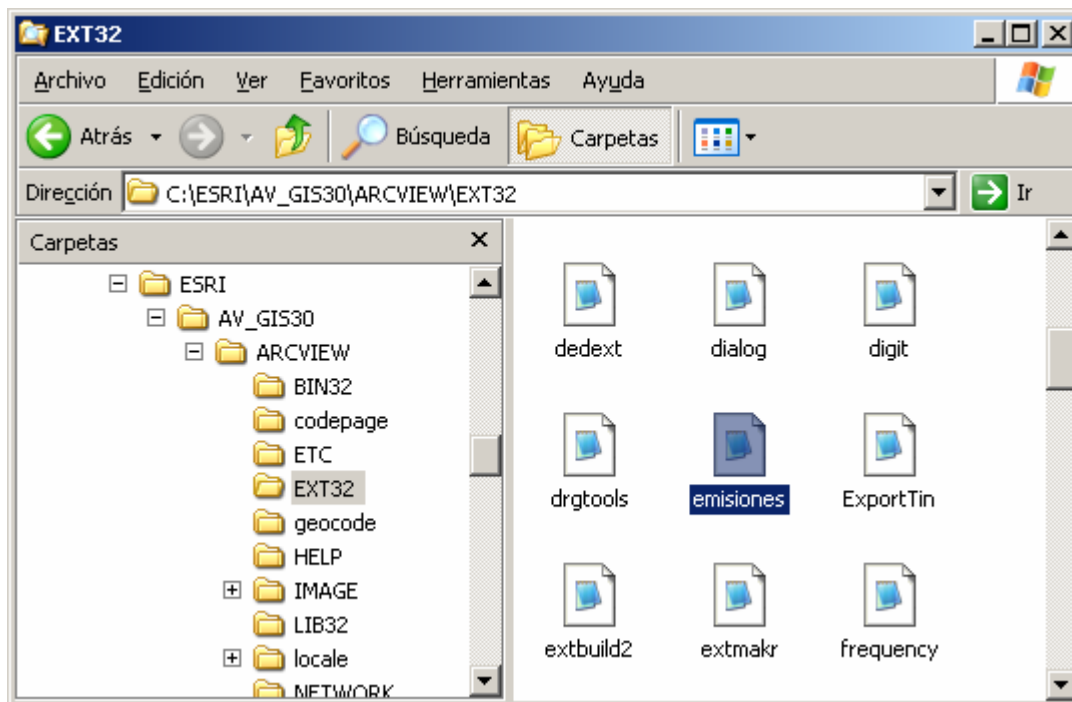


Figura 7.2 Carpeta de instalación de la Extensión “emisiones.avx”



Posteriormente, se podrá ejecutar el Proyecto de Arcview que se entrega por defecto, llamado *emisiones.apr*, que es posible observar en la Figura 7.3. Además esta carpeta contiene unas coberturas *shapefile*, la primera corresponde a la zonificación utilizada en el presente estudio, que incluye la población, y la segunda corresponde a una cobertura referencial de manzanas del área de estudio.

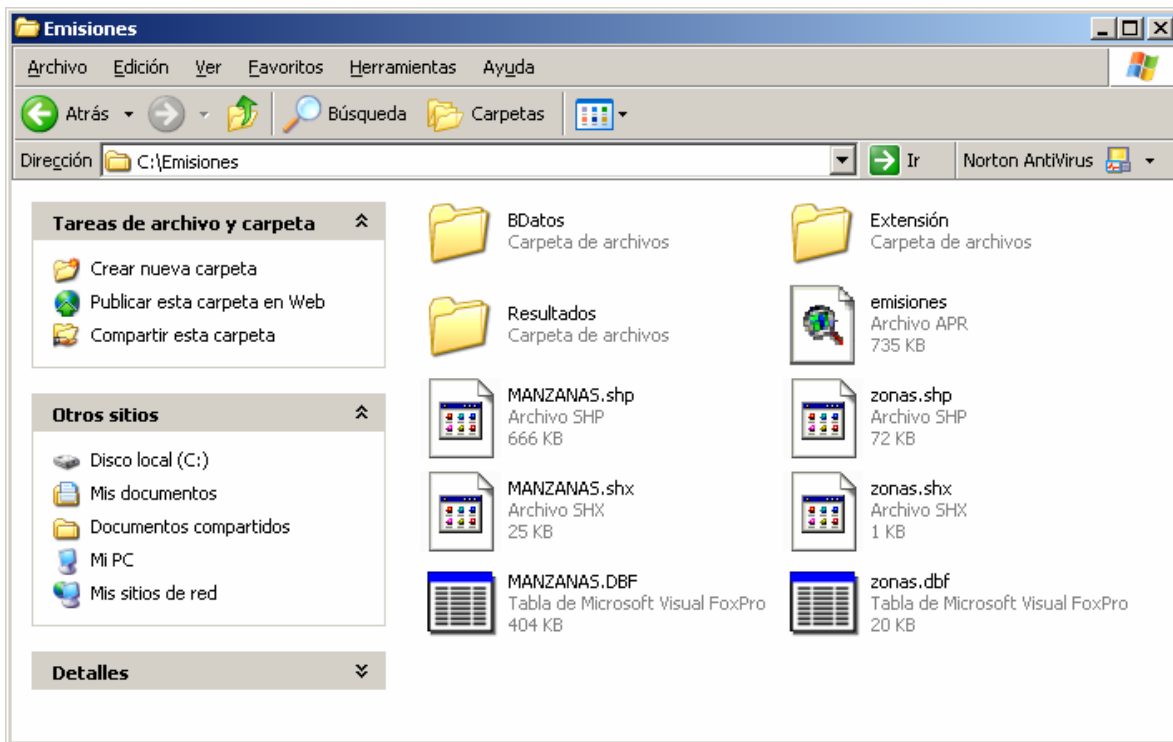


Figura 7.3 Archivos del directorio Emisiones

En la Figura 7.3, se observan dos carpetas muy importantes: *BDatos* y *Resultados*. La primera, contiene todos los parámetros en formato *dBase*, utilizados por la aplicación, ordenadas según las medidas presentes en el presente informe. La carpeta *Resultados* contiene tablas de salida de la aplicación, también ordenados por carpetas según las medidas de este estudio.

En caso de utilizar otro proyecto, se deberá cargar la Aplicación utilizando el comando *Extensions* del menú File de *AcrView* (ver Figura 7.4).

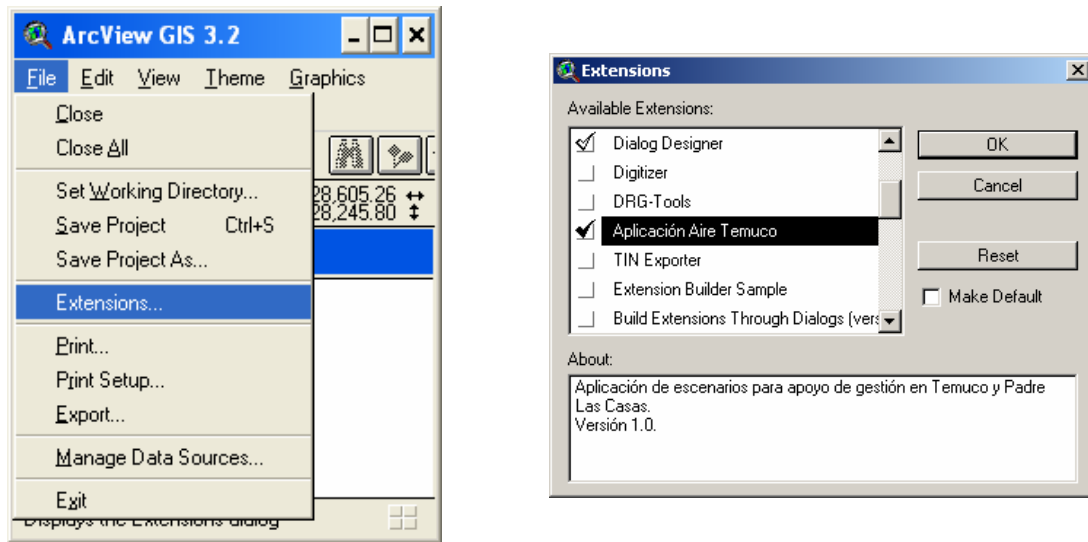


Figura 7.4 Forma de cargar la Extensión en ArcView3.x

7.1.4 Inicio de la Aplicación

Después de haber instalado la Aplicación como extensión del SIG, ésta despliega una imagen con el título del estudio (ver Figura 7.5). Además se carga un menú en el documento vista (*View*) de *Arcview*. Este menú llamado *Módulo de Emisiones*, permite acceder a las herramientas de la Aplicación (ver Figura 7.6).



Figura 7.5 Imagen de inicio de la aplicación

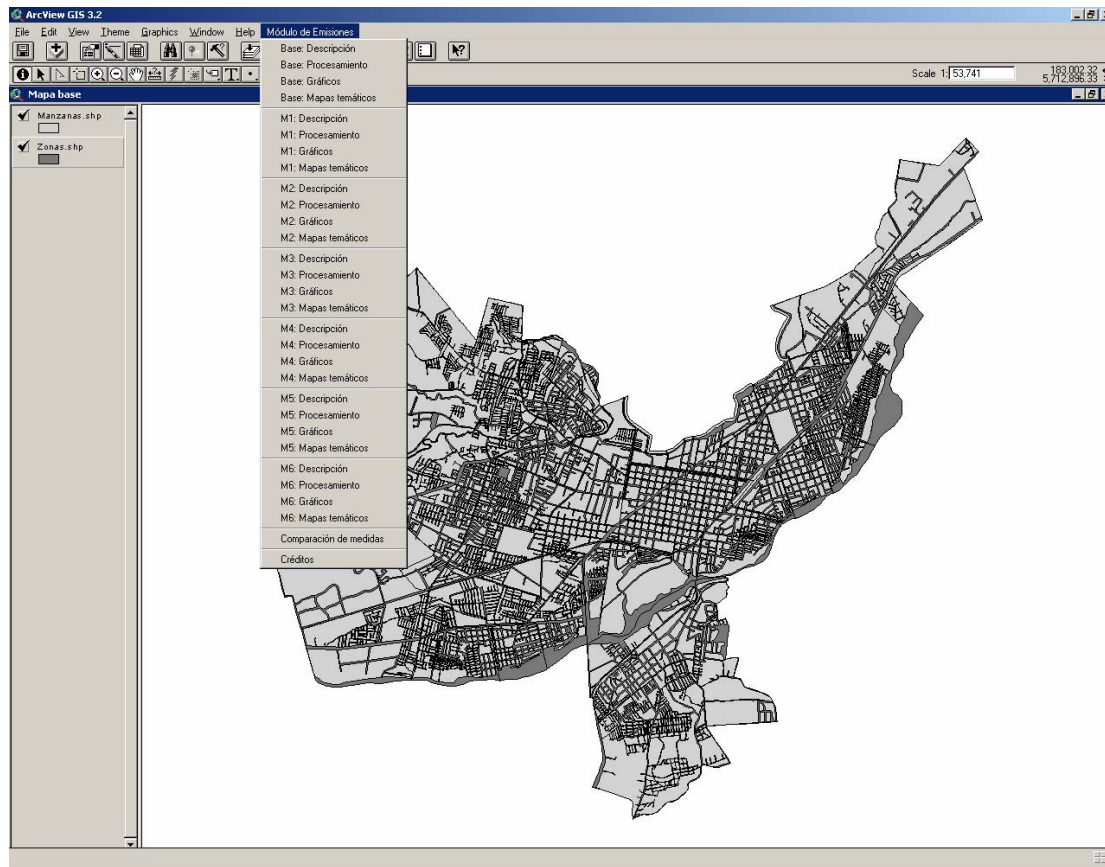


Figura 7.6 Módulo de Emisiones

7.1.5 Módulos

El menú señalado en el punto anterior, está compuesto de nueve sub-módulos, donde los primeros siete corresponden al cálculo de emisiones de la situación base más los seis escenarios de medidas propuestas. Los últimos dos sub-módulos, corresponden al análisis comparativo entre medidas y, por último a los créditos de la Aplicación (ver Figura 7.7).



Figura 7.7 Créditos de la Aplicación

Situación base.

Las potencialidades del programa se explicarán a través del procesamiento de la situación Base, sin embargo, lo mismo es aplicable para cada una de las 6 medidas evaluadas en este estudio.

Descripción: Este sub-módulo está compuesto por cuatro elementos. El primero corresponde a la descripción del sub-módulo, como se aprecia en la Figura 7.8.

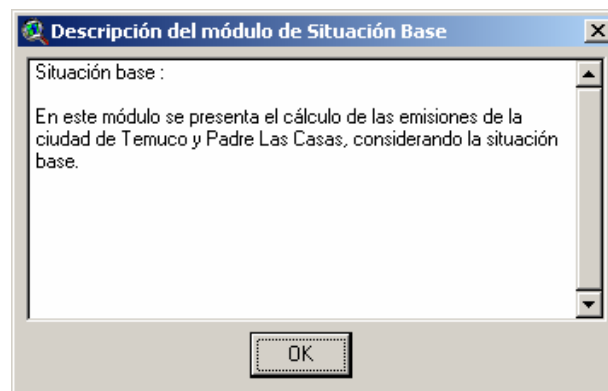


Figura 7.8 Descripción sub-módulo Situación Base

Procesamiento: Esto se hace con el comando *Base: Procesamiento* del menú principal (Ver Figura 7.9). El cálculo hecho por la aplicación requiere información de entrada, como el número de viviendas distribuidas según la zonificación establecida, la probabilidad de usar artefactos, probabilidad del tipo de leña, consumo promedio, densidad de leña y el factor de



emisión. Esta información de entrada proviene de coberturas *shapefile* (*.shp) y de bases de datos (*.dbf), que se encuentran en subcarpetas del directorio **emisiones**. En este caso, se encuentra en la subcarpeta llamada *Base* de esta carpeta principal.

Situación Base

SITUACIÓN BASE: En este módulo se presenta el cálculo de las emisiones considerando la situación base.

Selección de Zonificación:

Tema de Zonificación: **Zonas.shp**

Selección de Parámetros:

Tabla de Prob. de usar artefacto: **base_prob_usar_art.dbf**

Tabla de Prob. de tipo de leña: **base_prob_tipo_leña.dbf**

Tabla de Consumo promedio: **base_cons_prom.dbf**

Tabla de Densidad de la leña: **base_dens_leña.dbf**

Tabla de Factor de emisión: **base_factor_emision.dbf**

Validar Procesar Salir

Figura 7.9 Menú de cálculo de emisiones Situación Base

El proceso comienza presionando el botón **Validar**, que realiza un análisis de la existencia de los datos de entrada para el cálculo de emisiones. Posteriormente, se presiona **Procesar**, que realiza el cálculo entregando un informe del total de emisiones por artefacto bajo los diferentes cortes temporales (Ver Figura 7.10).

Situación Base

El total de resultados por tipo de artefacto, es el siguiente:

Año 2001

- CHIMENEA: 156.4 Ton/año => 4.8%
- COCINA: 1834.6 Ton/año => 56.0%
- ESTUFA DOBLE CAMARA: 111.5 Ton/año => 3.4%
- ESTUFA SIMPLE: 968.6 Ton/año => 29.6%
- SALAMANDRA: 202.6 Ton/año => 6.2%
- TOTAL EMISIONES: 3273.7 Ton/año => 100%

Año 2006

- CHIMENEA: 180.2 Ton/año => 5.5%
- COCINA: 1634.2 Ton/año => 49.8%
- ESTUFA DOBLE CAMARA: 126.4 Ton/año => 3.9%
- ESTUFA SIMPLE: 1090.3 Ton/año => 33.2%
- SALAMANDRA: 242.8 Ton/año => 7.3%

Guardar Salir

Figura 7.10 Resultados cálculo de Emisiones



Estos resultados pueden ser exportados en formato texto con el botón Guardar de la ventana anterior.

Gráficos: Es posible graficar los totales de las emisiones por artefacto, nivel socioeconómico y tipo de leña (ver Figura 7.11).

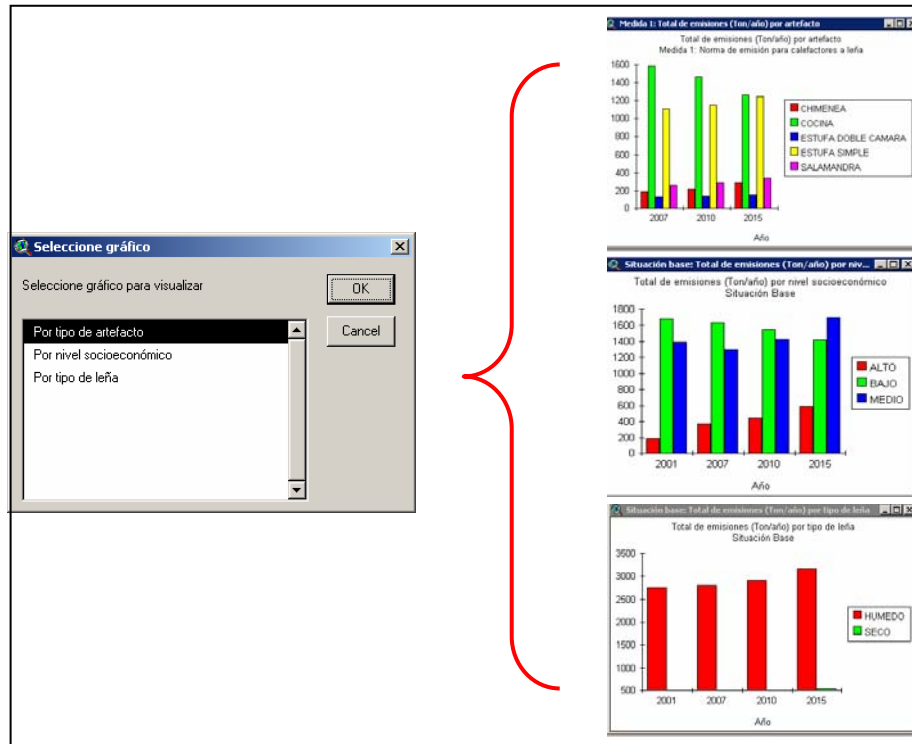


Figura 7.11 Salidas gráficas del modelo

Además, se entrega el resultado de la totalización de emisiones distribuida espacialmente, como se ve en la Figura 7.12.

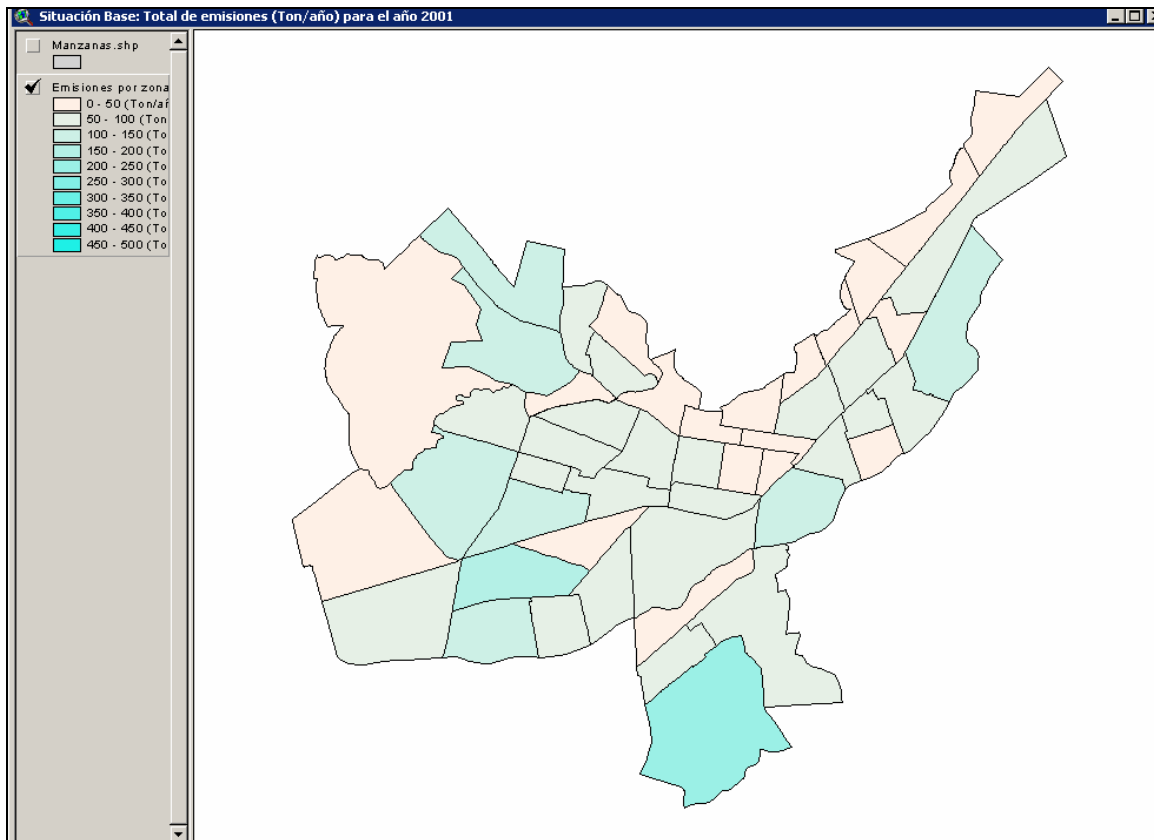


Figura 7.12 Distribución espacial de las emisiones (Ton/año)

En la Figura 7.13, se observa la evolución del total de emisiones en la situación base, a nivel de zonas, para los años de corte 2001, 2007, 2010 y 2015.

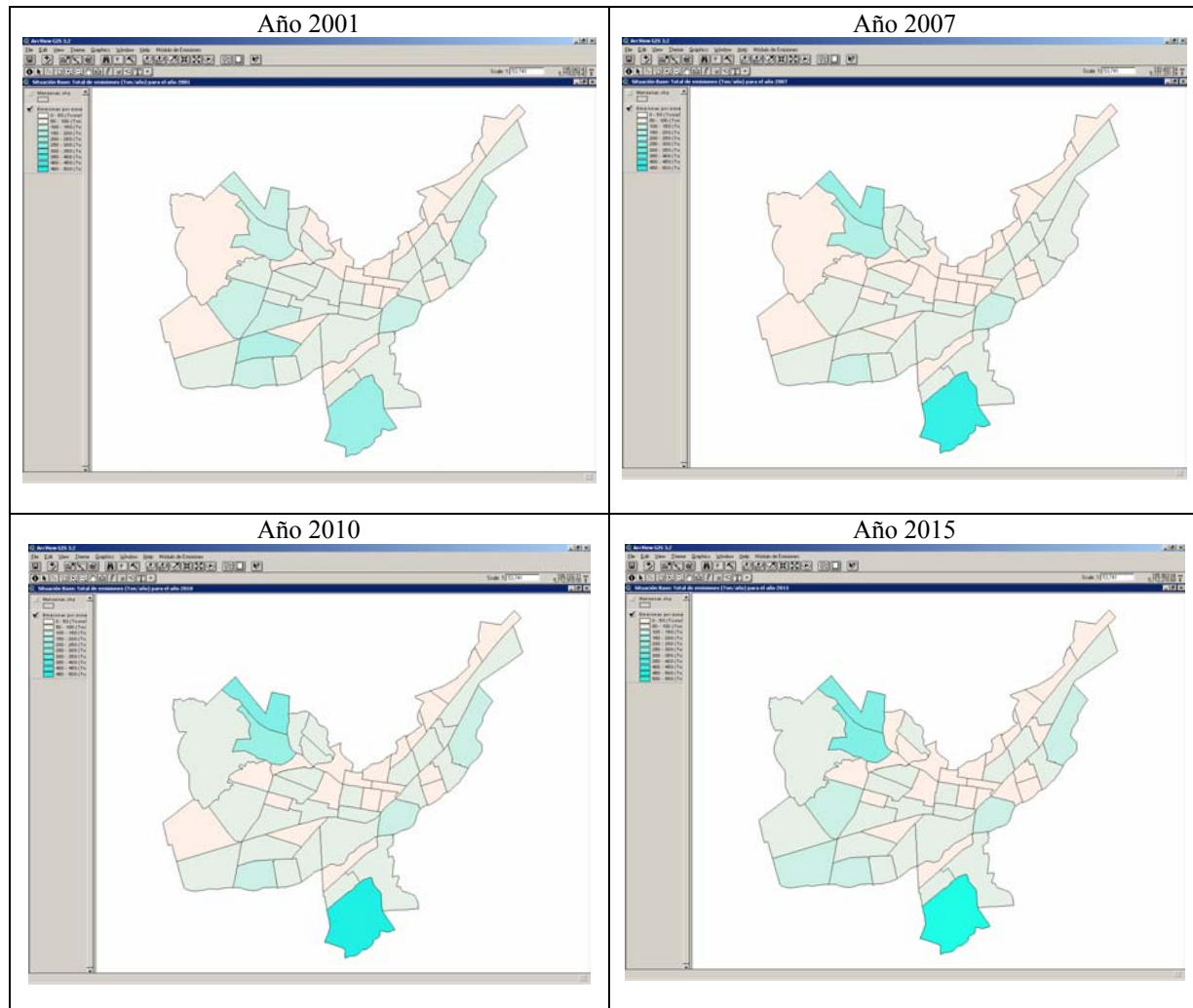


Figura 7.13 Comparación de las emisiones en cada año de estudio (sin Medidas)

Modificación de parámetros: Los parámetros de entrada para el cálculo de emisiones, son modificables por el usuario. Basta con la edición de las tablas (bases de datos en formato dBase) correspondiente a los distintos parámetros, utilizando en documento de Tablas (*Tables*) del SIG Arcview. Las tablas para la situación base pueden ser identificadas ya que presentan el prefijo *base* (ver Figura 7.14).

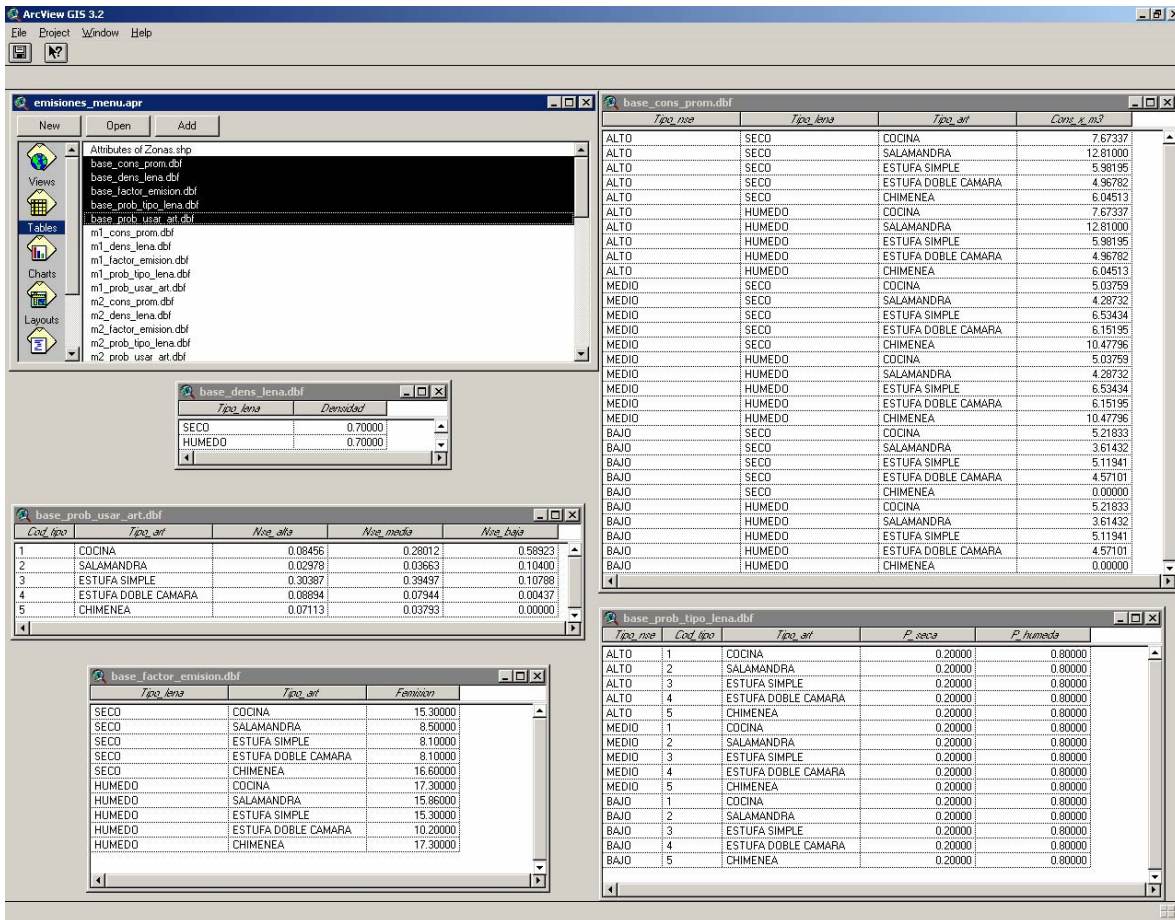


Figura 7.14 Tablas con parámetros modificables

Cabe señalar, que este proceso es homologable para las distintas medidas calculadas por la presente Aplicación.

Comparación entre medidas.

Es posible realizar una comparación gráfica entre las medidas calculadas. Para esto, se debe presionar el comando de *Comparación de medidas* del menú principal. Después de ello, se podrá seleccionar las medidas que se desea ingresar para la comparación. Cabe señalar que es requisito tener calculado las emisiones de la Situación base y, por supuesto, las medidas a comparar gráficamente. Se inicia presionando la opción *Comparación de Medidas* (ver Figura 7.15)

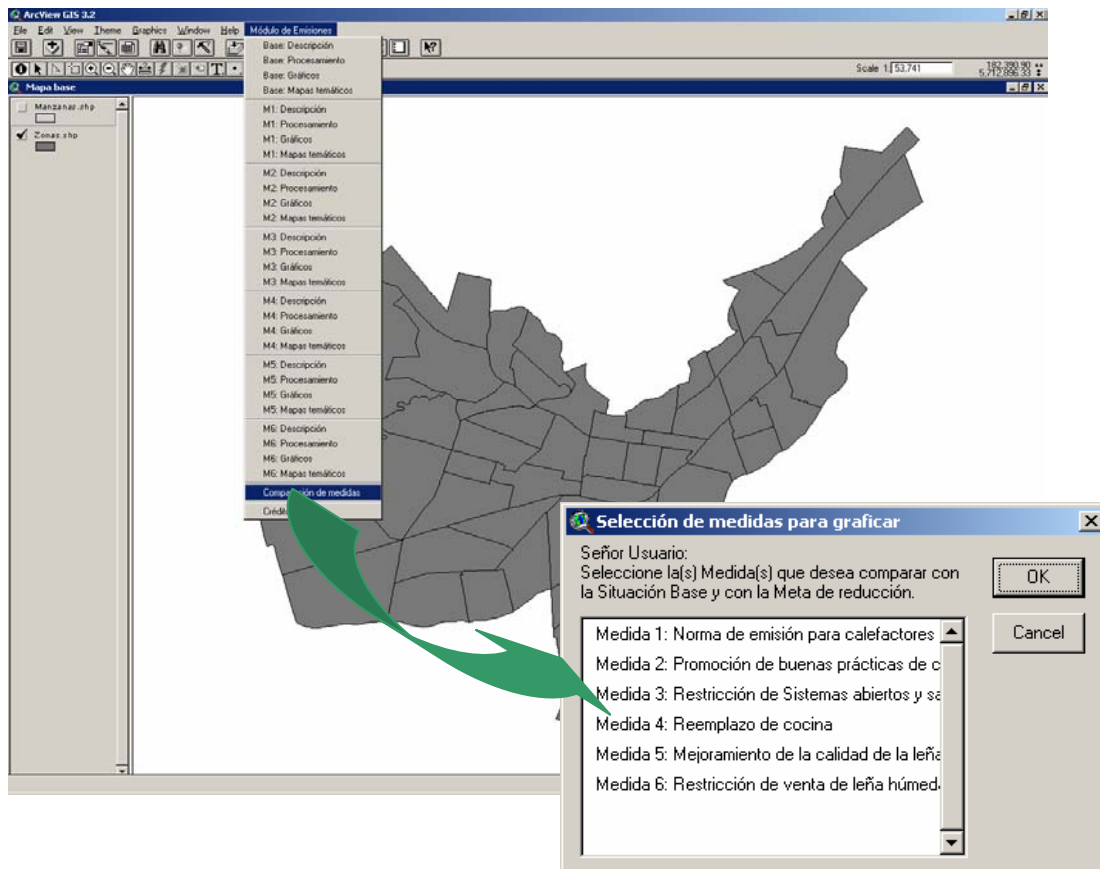


Figura 7.15 Comparación de medidas

Además, es posible agregar a la comparación gráfica, la meta de reducción seleccionada (ver Figura 7.16)

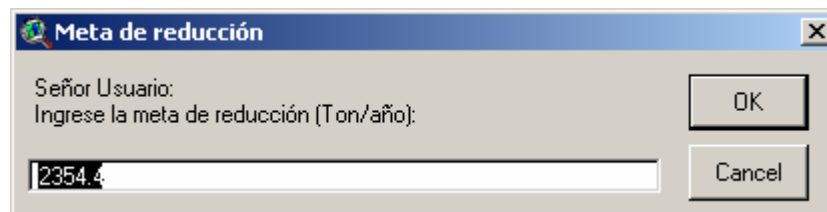


Figura 7.16 Menú de opción para fijar la meta de reducción

El resultado de este proceso, es un documento de Arcview tipo gráfico (Chart). El nombre de este documento Chart es posible configurarlo por el usuario con una ventana de interacción.

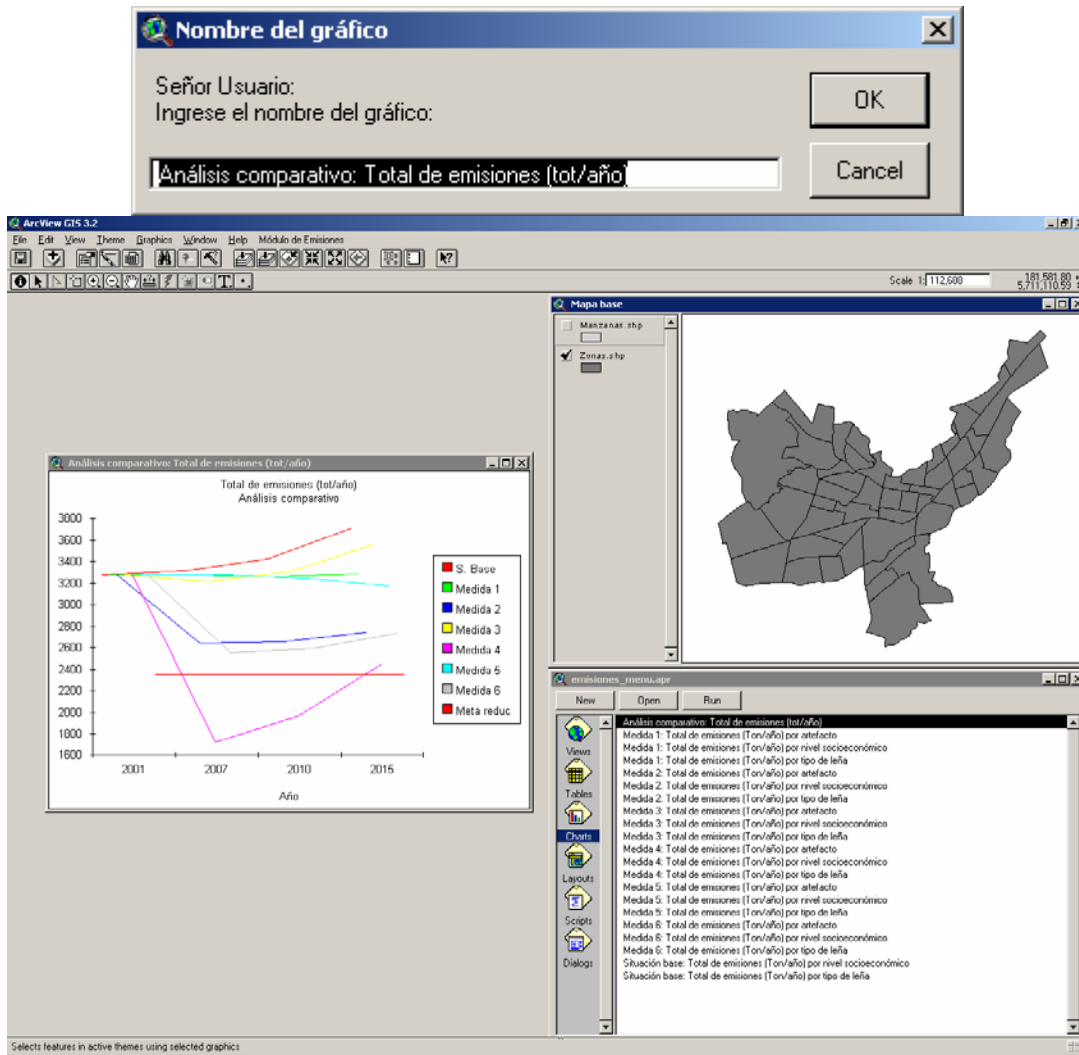


Figura 7.17 Gráfico comparación de medidas



7.2 MODELO DE EMISIONES EN EXCEL

A diferencia del modelo realizado en Plataforma ArcView, este modelo (*Emisiones.xls*) presenta mayor flexibilidad ya que en él se puede realizar en forma más fácil cualquier tipo de cambio tanto en los valores paramétricos como factor de emisión, densidad de la leña, humedad de la leña, probabilidad de uso y consumo promedio de leña, así como los parámetros socioeconómicos y sus proyecciones, o bien en las restricciones a que hacen referencia cada una de las 6 medidas en evaluación.

El modelo *Emisiones.xls* se complementa con *Gráficos.xls* que se compone de 11 hojas de cálculo, de las cuales solo en cuatro es necesario ingresar información de salida proveniente del modelo *Emisiones.xls* y actualizar las tablas dinámicas que allí aparecen, generándose en forma automática en las hojas restantes los gráficos que fueron presentados en el Capítulo 6 y Anexo C del presente informe.

Como se puede apreciar en la Figura 7.18, *Emisiones.xls* está conformado por siete hojas de cálculo en cada una de las cuales estima la emisión de MP10 producto de la combustión residencial de leña, considerando alguna situación específica como lo es, el cálculo de emisiones sin aplicar ninguna medida (hoja *Base*) y la aplicación de las seis medidas en estudio (hojas M1 a M6), además de una hoja de resumen de las situaciones evaluadas, denominada *Gráfico medidas*.

MODELO PARA CALCULAR EMISIONES (SIN MEDIDAS)						
1						
2	Total de viviendas	69222	%	% base 2001	verificador	año
3	Alto	5538	0.08	0.08	100	0
4	Medio	26997	0.39	0.39		
5	Bajo	36688	0.53	0.53		
6						
7					2001	2007
8	Cocina	0.08	0.28	0.589	0	6
9	Salamandra	0.03	0.04	0.104		
10	Estufa simple	0.30	0.39	0.108		
11	Estufa doble camara	0.09	0.08	0.004	% LEÑA SECO	% LEÑA HUMEDO
12	Chimenea	0.07	0.04	0.000	0.20	0.80
13						
14	Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	N° de equipos que usan leña	Ajuste por cambio a gas	CONS_PROM M3/AÑO	CONS_SECO
15		Cocina	468	468	7.7	718.7
16		Salamandra	165		12.8	422.6
17		Estufa simple	1683		6.0	2013.3
18		Estufa doble camara	493		5.0	489.4
19		Chimenea	394		6.0	476.3
20		Cocina	7562	7562	5.0	7619.3
21		Salamandra	989		4.3	848.0
22		Estufa simple	10663		6.5	13935.2
23		Estufa doble camara	2145		6.2	2638.7
24		Chimenea	1024		10.5	2148.4
25		Cocina	21618	21618	5.2	22561.5
26		Salamandra	3816		3.6	2758.4
27		Estufa simple	3958		5.1	4052.5
28		Estufa doble camara	161		4.6	146.7
29		Chimenea	0		0.0	0.0
30		total	55138			
31						
32						
33						
						densidad (ton/m3)

Figura 7.18 Estructura del modelo Emisiones.xls



Es importante destacar que estas hojas de cálculo están diseñadas para cuantificar las emisiones de MP10 en cualquiera de los años de corte del estudio u otro que se requiera evaluar.

7.2.1 Aplicación del modelo

Para poder estimar las emisiones de MP10 en la situación base (año 2001) y para cualquier otro año, es necesario trabajar en la hoja *Base*, que como se observa en la Figura 7.19, cuenta con un sector destacado en color verde para indicar el lugar donde se debe ingresar la información, esto es característico en todas las hojas de calculo del modelo *Emisiones.xls*.

MODELO PARA CALCULAR EMISIONES (SIN MEDIDAS)						
		%	% base 2001	verificador	año	tasa
2	Total de viviendas	69222		100	0	-1.0667
3	Alto	5538	0.08			-1.0596
4	Medio	26997	0.39			-1.0523
5	Bajo	36688	0.53			
Probabilidad de usar el artefacto por NSE						
	Alto	Medio	Bajo	2001	2007	2010
8	Cocina	0.08	0.28	0.589	0	9
9	Salamandra	0.03	0.04	0.104		
10	Estufa simple	0.30	0.39	0.108		
11	Estufa doble camara	0.09	0.08	0.004	% LEÑA SECO	% LEÑA HUMEDO
12	Chimenea	0.07	0.04	0.000	0.20	0.80
Nivel Socioeconómico						
	Tipo de artefacto	N° de equipos que usan leña	Ajuste por cambio a gas	CONS_PROM M3/AÑO	CONS_SECO	CONS_HUM
15	Alto	Cocina	468	7.7	718.7	2874.8
		Salamandra	165	12.8	422.6	1690.6
		Estufa simple	1683	6.0	2013.3	8053.1
		Estufa doble camara	493	5.0	489.4	1957.6
		Chimenea	394	6.0	476.3	1905.2
20	Medio	Cocina	7562	5.0	7619.3	30477.2
		Salamandra	989	4.3	848.0	3392.0
		Estufa simple	10663	6.5	13935.2	55740.7
		Estufa doble camara	2145	6.2	2638.7	10555.0
		Chimenea	1024	10.5	2146.4	8585.5
25	Bajo	Cocina	21618	5.2	22561.5	90245.8
		Salamandra	3816	3.6	2758.4	11033.4
		Estufa simple	3958	5.1	4052.5	16209.9
		Estufa doble camara	161	4.6	146.7	586.9
		Chimenea	0	0.0	0.0	0.0
30	total	55138				


Figura 7.19 Planilla de calculo de emisiones, sin medidas

Básicamente la información requerida por este modelo es el número total de viviendas proyectadas para el año que se está evaluando y los porcentajes de distribución de éstas por nivel socioeconómico (Anexo D). Además se debe ingresar la diferencia que existe entre el año que se está evaluando y el año base (2001), con el fin de hacer efectiva la tasa de recambio natural de consumo de combustible (leña a GLP) en cocina.

Para evaluar las medidas *M2*, *M3*, *M4*, *M5*, y *M6* es necesario realizar el mismo procedimiento antes descrito en cada una de las hojas de cálculo correspondientes a estas medidas.



Un caso especial es la medida *M1*, ya que ésta se aplica solo a los calefactores nuevos y por lo tanto necesita mayor información de entrada.

Como de puede observar en la Figura 7.20, aparte del número total de viviendas proyectadas para el año que se quiera evaluar y su distribución por nivel socioeconómico, se requiere ingresar el incremento de viviendas, que se produce desde el año previo (2006) a la entrada en vigencia de la medida (2007) hasta el año que se está evaluando. Esta información está contenida dentro de la misma medida en dos tablas denominadas *Proyección del número de viviendas SECTRA* e *Incremento del numero de viviendas*, por lo tanto sólo es necesario copiar esta información y pegarla como valor (utilizando un icono especial  ver Figura 7.20) en las columnas viviendas proyectadas e incremento respectivamente.

Por ultimo, y al igual que la mayoría de las hojas de calculo que evalúan medidas, es necesario ingresar la diferencia que existe entre el año que se está evaluando y el año base (2001), con el fin de hacer efectivo la tasa de recambio natural de consumo de combustible (leña a GLP) en cocina (celda año).

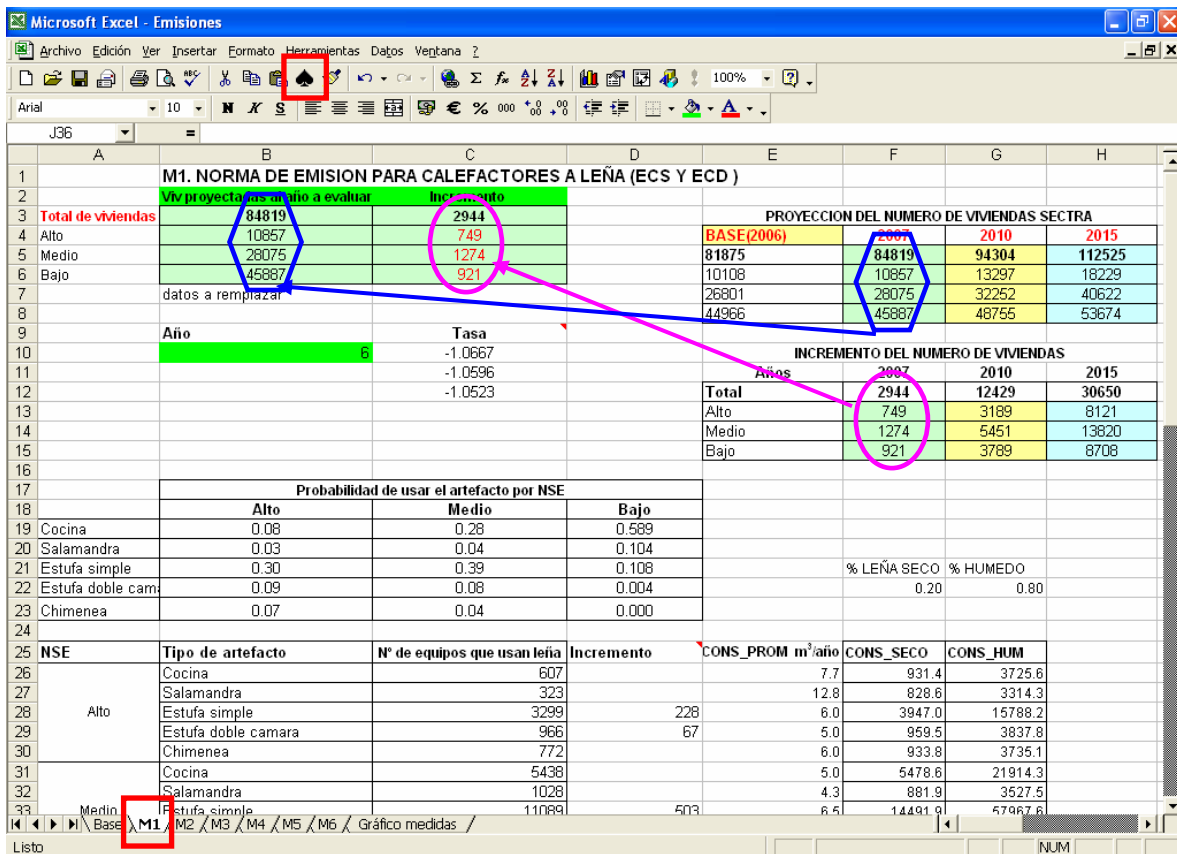


Figura 7.20 Explicación del modo de operación para la medida M1



Cada vez que se evalúa alguna de las medidas antes expuestas, el modelo *Emisiones.xls* genera tres tablas. La primera de ellas resume el consumo anual de leña y la emisión por nivel socioeconómico y tipo de artefacto, la segunda resume la emisión total (ton/año) por cada equipo de combustión, y finalmente la tercera, presenta el consumo total (m³/año) por cada equipo, estas dos ultimas tablas acompañadas por sus respectivos gráficos (ver Figura 7.21).

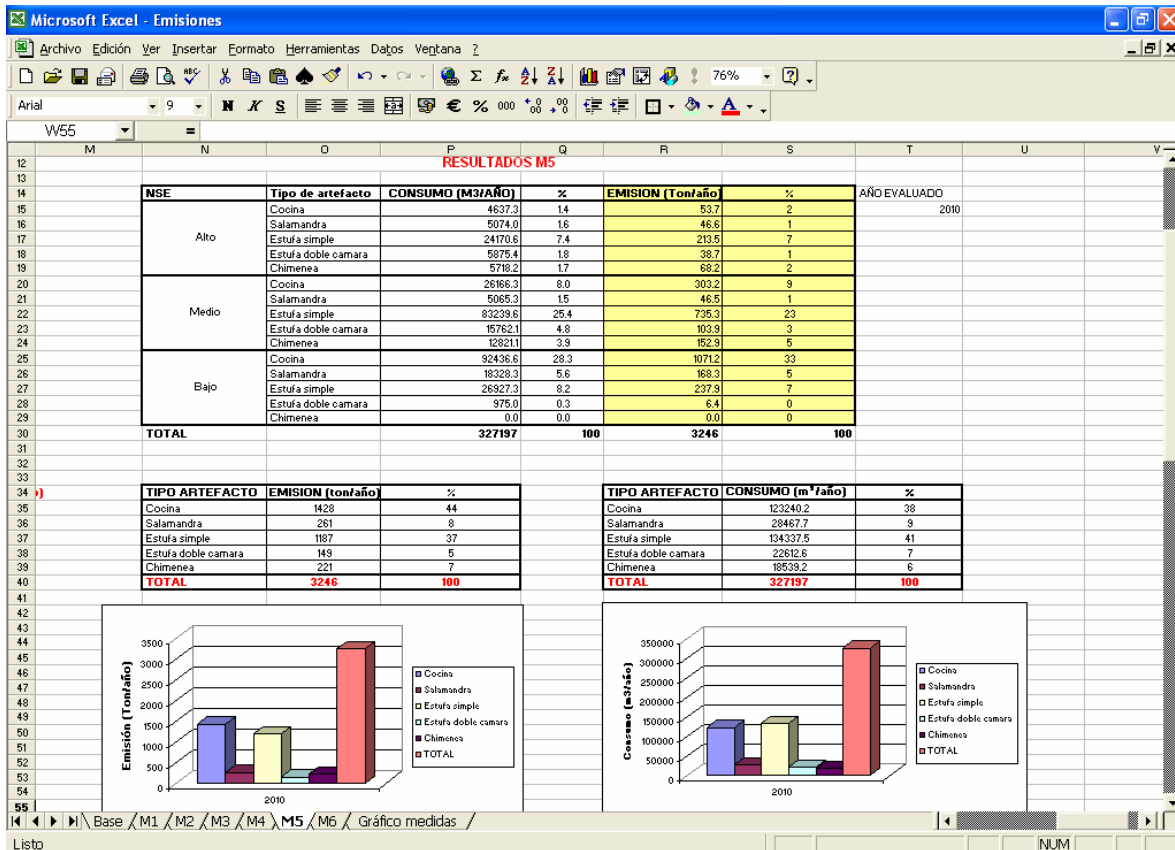


Figura 7.21 Resultados del modelo Emisiones.xls

La ultima hoja del modelo *Emisiones.xls* denominada *Gráfico medidas* se compone de tres tablas, la primera de estas debe ser rellena con los datos totales de emisión que entregan las tablas de resumen antes mostradas, de esta forma se generarán automáticamente las tablas de *Reducción (delta) respecto año sin medida* y *% Reducción respecto año sin medida*. Para finalmente obtener el gráfico que muestra el potencial de reducción de cada una de las medidas en estudio (Figura 7.22).

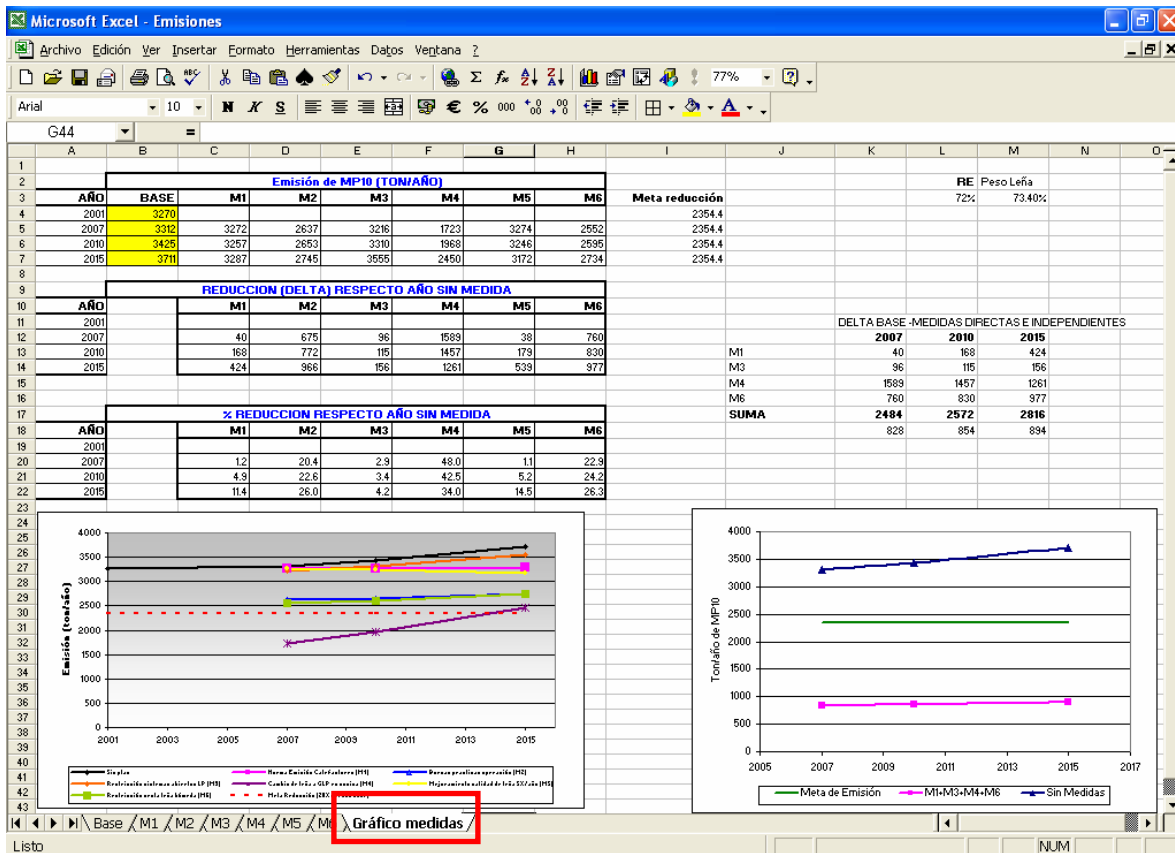


Figura 7.22 Resumen de medidas con salidas gráficas

Para generar los gráficos que fueron presentados en el Capítulo VI y Anexo C es necesario trabajar este modelo en forma conjunta con el archivo *Graficos.xls* de manera tal, que cada vez que se calcule la emisión de MP10 con o sin medida, para cada uno de los años proyectados en este estudio, la tabla resumen de emisión por tipo de artefacto que se genere, debe ser copiada y pegada como valor (icono especial ♠), en la posición que le corresponde en el archivo *Graficos.xls* (ver Figura 7.23).

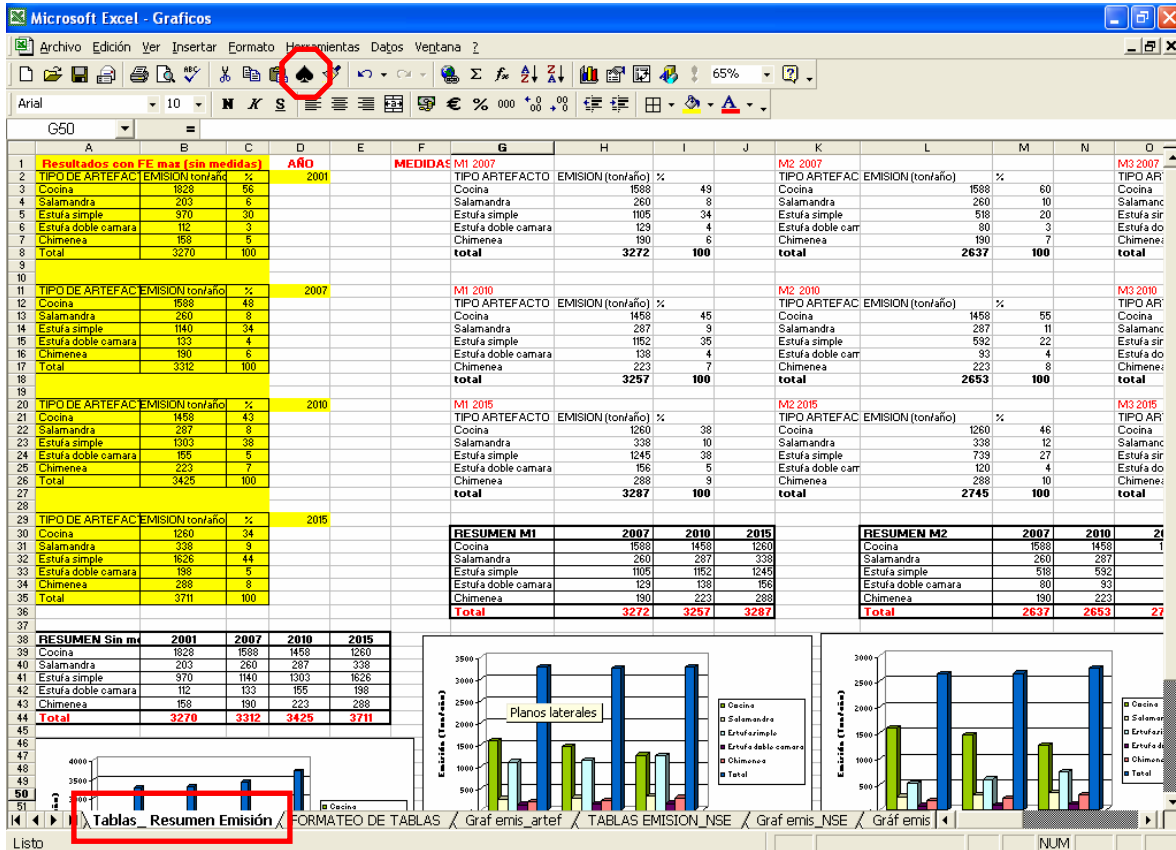


Figura 7.23 Hoja de ingreso de resultados de la planilla Emisiones.xls

Después de haber copiado todos los resúmenes de emisión de MP10 en la hoja *Tablas Resumen Emisión* del archivo *Graficos.xls*, se debe ingresar en la hoja *Formateo de Tablas* y actualizar sólo la tabla dinámica que allí aparece (sobre la tabla presionar el botón derecho), con esto se generara el grafico de emisión anual de MP10 que se proyecta sin aplicar ninguna medida, además en la hoja *Graf emis-artef* se construye simultáneamente el grafico de emisión de MP10 ahora desagregado por tipo de artefacto.

Si los gráficos de emisión que se desean construir son en función del tipo de artefacto y nivel socioeconómico, entonces es necesario copiar la columna de Emisión (Ton/año) que se genera en el modelo *Emisiones.xls* y pegarla como valor en la hoja *Tablas Emisión_NSE* del archivo *Graficos.xls* como se indica en la Figura 7.24, luego de copiar las emisiones para los cuatro años del estudio se debe actualizar la tabla dinámica que allí aparece. De esta forma en las siguientes dos hojas se grafica la emisión total de MP10 según nivel socioeconómico, y otro gráfico de emisión de MP10 desagregada por artefacto y nivel socioeconómico, para cada año de corte que se este evaluando (ver Figuras 6.5 y 6.6).

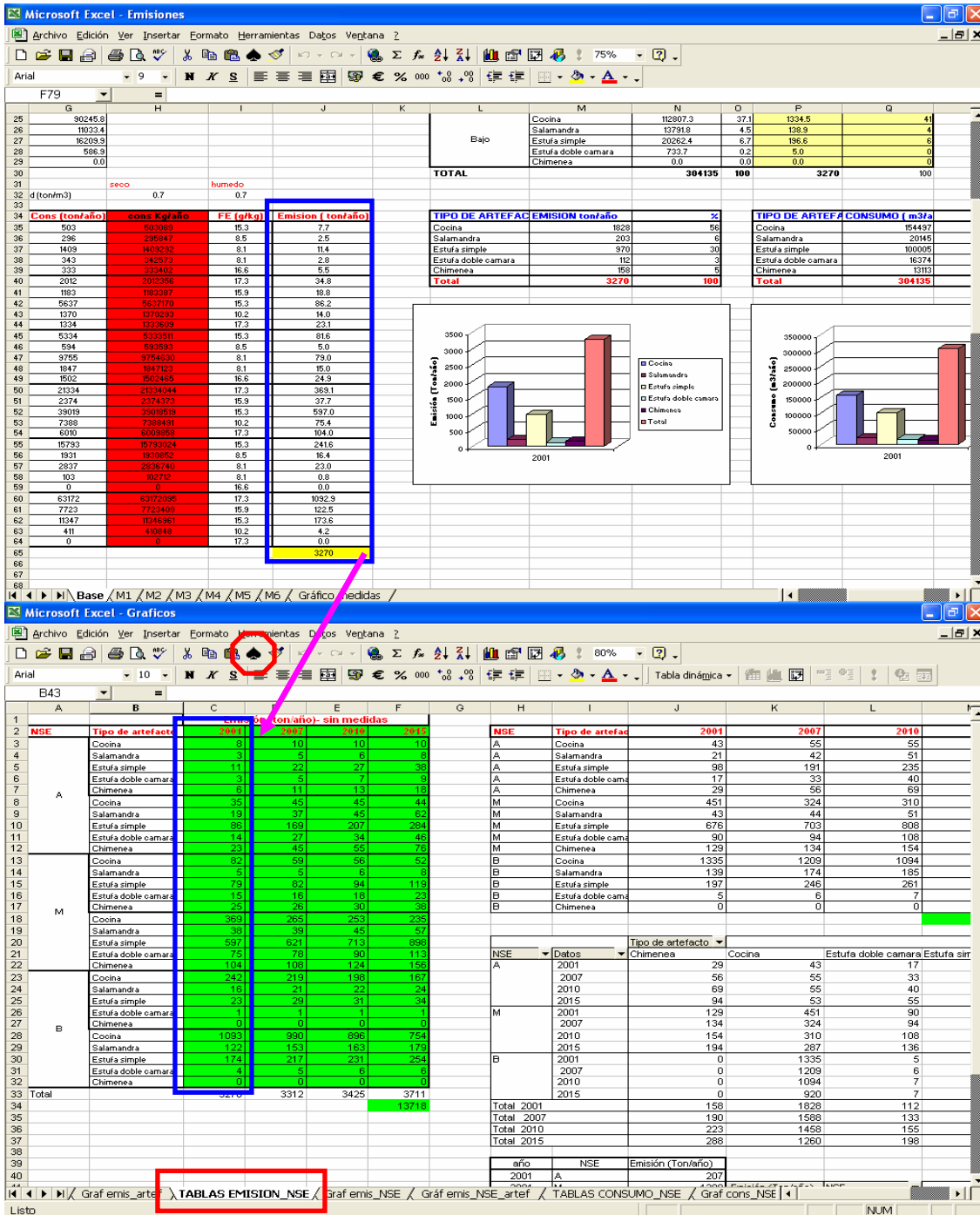


Figura 7.24 Traspaso de resultados de Emisiones.xls a Graficos.xls

Otra posibilidad es evaluar el consumo de leña por tipo de artefacto y nivel socioeconómico, para esto es necesario copiar desde la hoja *base* del modelo *Emisiones.xls* la columna *Consumo (m³/año)* y pegarla como valor (♠) en la hoja *Tablas Consumo_NSE* del archivo *Graficos.xls* y continuar el procedimiento igual al explicado anteriormente.



8. CONCLUSIONES

La contaminación del aire por partículas MP10 en Temuco ha llegado a niveles que ponen en riesgo la salud de la población. Al considerar los monitoreos de MP10 desde el año 2001 al 2004 se desprende que el valor de la norma en 24 horas de éste contaminante se excede en varias ocasiones.

Es así como la Comisión Nacional del Medio Ambiente IX Región ha solicitado este estudio a fin de evaluar escenarios probables que tiendan a reducir las emisiones de MP10 debido al uso de leña en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas. Las medidas a evaluar consideran desde opciones voluntarias como el la aplicación de buenas prácticas en el uso de artefactos a leña, hasta medidas más estructurales tales como el establecimiento de estándares de emisión para diversos equipos y cambio de combustible de leña a gas en las cocinas, hasta restrictivas como la prohibición de sistemas abiertos de combustión de biomasa.

Las principales conclusiones que se desprenden de este estudio son las siguientes:

8.1 DEL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD

Se cumplió con el objetivo de estructurar un escenario de desarrollo urbano para la ciudad de Temuco y Padre Las Casas, el cual surge del análisis de consistencia de una serie de estudios al respecto. En general todos los estudios coinciden en una tasa de crecimiento de los hogares de entre 2,5 a 3,5% anual. Por lo anterior, se tomó la decisión de proyectar el número de hogares en función de la información oficial INE (censos), llegando a un total al 2015 de 112.525 hogares.

La proyección resultó ser coherente con la generalidad de los valores, además de producir incrementos anuales totalmente factibles (promedio 3.000 hogares), según lo observado en los proyectos catastrados.

La participación por estrato socioeconómico del total de hogares, se realizó también en base a un análisis comparativo de distintos estudios. En este punto se detectó una inconsistencia entre los estudios de VITAE y SECTRA, con respecto a los valores planteados por el Plan Regulador Comunal. En definitiva se optó por los primeros estudios, pues se basaron en respectivas encuestas, y no en métodos indirectos, como los utilizados por el Plan Regulador Comunal.

Las proyecciones muestran que al 2015, el estrato bajo llega a un total de 53.704 hogares, el estrato medio a 40.575 hogares, y el estrato alto a 18.246 hogares. El estrato que más varía en el período 2000-2015 es el bajo, el cual disminuye en un 13,5%. El estrato alto aumenta en un 7,4%, y el estrato medio aumenta en un 6,1%.



Respecto de la distribución espacial de los hogares, diferenciados por estratos, también se identificó bastante consistencia “espacial” entre los estudios. La distribución espacial resultante de la elaboración de este escenario indica que el estrato bajo se concentrara principalmente en el sector de Padre Las Casas y en Chivilcan. El estrato medio tiene una distribución más central, irradiando crecimiento hacia Camino al Cajón y hacia el sector Maipo – Amanecer, pero con menor intensidad. El estrato alto tiene una marcada movilidad desde el sector Av. Alemania, hacia el sector Alcalá (Barrio Inglés) y siguiendo hacia El Carmen.

8.2 DEL CONSUMO DE LEÑA

El consumo de leña se incrementará en Temuco y Padre Las Casas en un 2.9% al 2007, en un 7.6% al 2010, y en un 18.6% al 2015, producto del crecimiento de las ciudades. La distribución de este crecimiento según nivel socioeconómico muestra que para el nivel Alto, el consumo es siempre creciente, no así para el nivel Medio, el cual al 2007 presenta una disminución para luego incrementarse nuevamente hasta el 2015. El consumo de leña para el nivel Bajo presenta una tendencia negativa, es decir, decrece para todos los años. Esto se debe a que según las proyecciones de crecimiento urbano de las ciudades en estudio, el nivel Bajo disminuye mientras que los otros aumentan.

Los mayores consumos de leña corresponden a los niveles Medios y Bajos, con un 44.7% y 48.5%, respectivamente, mientras que el nivel Alto representa sólo el 6.8% del consumo de leña total en Temuco y Padre Las Casas.

El consumo de leña desagregado por tipo de artefacto utilizado para cocinar y calefaccionar las viviendas, y por nivel socioeconómico, para cada año de estudio indica que la estufa simple es la mayor fuente de consumo de leña para los niveles Alto y Medio, y dicho consumo además presenta una tendencia creciente. Para el nivel Bajo, la leña se destina principalmente para cocina, sin embargo, dicho consumo va disminuyendo en el tiempo.

8.3 DE LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

Uno de los elementos sensibles en la estimación de las emisiones de MP10 es el Factor de Emisión (FE) por artefacto que usa leña. No existen FE que hayan sido medidos para los equipos de la ciudad de Temuco, por tanto en este estudio se han recopilado FE de muchas referencias, y se ha optado por ser conservadores y utilizar, para fines de evaluar el modelo de estimación de emisiones desarrollado, los FE máximos según artefacto a leña. La incertidumbre de este parámetro queda demostrada al utilizar los valores mínimos, máximos, y promedios encontrados en la literatura tanto nacional como extranjeros. Es así como las emisiones totales en Temuco y Padre Las Casas podrían variar entre 1321 a 3270 ton/año para el 2001 (año Base), y 1544 a 3711 ton/año al 2015.



Se recomienda llevar a cabo un estudio que permita reducir la incertidumbre de los FE de los equipos que usan leña en Temuco y Padre Las Casas. Para esto se debería considerar una muestra representativa por nivel socioeconómico y tipo de artefacto. Para

Las medidas han sido evaluadas solamente desde el punto de vista de su impacto en la emisión de MP10, sin embargo, se deben considerar otros elementos al momento de decidir su implementación. Entre los factores a considerar están los económicos, de impacto social, cultural, etc.

Las seis medidas evaluadas no son las únicas factibles de implementar en un Plan de Gestión del Aire en Temuco y Padre Las Casas. Son quizás las más inmediatas pero existe una variedad de opciones y combinación de ellas que se deben evaluar en el contexto de su aplicabilidad y factibilidad en la región.

8.3.1 Proyección de emisiones sin medidas

Este estudio muestra que de no tomar acciones sobre las emisiones de MP10 en los equipos de combustión residencial, se esperaría un crecimiento de 1.3%, 4.7%, y 13.5%, de las emisiones al año 2007, 2010, y 2015, respectivamente, respecto al año base (2001).

Según el tipo de artefacto, se encuentra que las emisiones de MP10 debido a las cocinas disminuirán en un 31% al año 2015, respecto al año base (2001), esto debido a que existe una tasa natural de recambio de cocinas a leña por cocinas a gas.

La estufa simple es la mayor fuente de emisión de materia particulada para los niveles Alto y Medio, y dicha emisión, además presenta una tendencia creciente. Para el nivel Bajo, la emisión de MP10 proviene principalmente de la combustión de leña para cocinar, sin embargo, dicha emisión va disminuyendo en el tiempo.

Las emisiones de MP10 debido a los otros equipos de combustión incrementarán en un 66%, 68%, 77%, y 83% para los artefactos de salamandras, estufas simples, estufas doble cámara, y chimeneas, respectivamente.

Respecto a las emisiones según nivel socioeconómicos, los resultados indican que el nivel Alto es el que menos aporta a las emisiones de MP10 provenientes de la combustión residencial de leña (6.3% el 2001), y que los niveles Medio y Bajo serían los responsables del 42.5% y 51.2%, respectivamente de las emisiones al año 2001. Cabe notar que la distribución de emisiones por nivel socioeconómico y año de evaluación sigue un patrón similar al consumo de leña, sin embargo, a partir del año 2010, el consumo del nivel Medio supera al del nivel Bajo, no así en las emisiones, en que ese patrón se observa sólo en el 2015.



8.3.2 Proyección de emisiones con medidas

Al comparar la proyección de emisiones de MP10 producto de la combustión residencial de leña, con y sin medidas para reducir las emisiones, se encuentra que existe un amplio rango de variación. Para el año 2007 se espera una reducción entre un 1.1% y un 48%, un 3.4% y un 42.6% para el año 2010, y un 4.2% a 34% para el año 2015, dependiendo de que medida se aplique.

La medida con mayor potencial de reducción de emisiones de MP10 es la M4 (cambio de cocinas a leña por cocinas a gas), la que genera reducciones en un 48% al 2007, 42.5% al 2010, y 34% al 2015. Esta gran disminución se justifica por el alto consumo de leña que se utiliza en las cocinas en Temuco y Padre Las Casas. No obstante lo anterior, cabe notar que si bien la medida M4 considera un cambio de cocinas a leña por cocinas a gas, de todas formas existe una emisión de MP10 debido a la combustión del gas, y esto no se ha considerado en este estudio, toda vez que el objetivo es la evaluación del impacto de la combustión de leña.

Al comparar los porcentajes de reducción de las emisiones de partículas de la medida M4, y considerando la emisión de MP10 que se esperaría con las cocinas a gas, se encuentra que se logra reducir las emisiones en un 42.4% al 2007, 37.6% al 2010, y en un 30% al 2015.

Las medidas M1 (norma de emisión para calefactores nuevos) y M5 (incremento de un 5% anual de la leña seca), tienen efectos a largo plazo, cuando el número de estufas nuevas sea mayor, y cuando el porcentaje de leña seca sea también más significativo.

La medida M2 (promoción de buenas prácticas de operación de los equipos) resalta por su gran aporte a la disminución de emisiones, rescatándose la importancia de aplicar programas que apunten a las buenas prácticas de operación en los equipos de combustión residencial.

La medida M6 (prohibición de venta de leña húmeda), es la segunda en importancia para reducir las emisiones, destacando la necesidad de aplicar programas y medias para el manejo y la comercialización de leña seca en Temuco y Padre Las Casas.

La medida M3 (restricción de sistemas abiertos) es una de las que produce las menores reducciones (menos del 5%), y esto se debe por una parte, a que la combustión de salamandras y chimeneas representan sólo el 11% de las emisiones de MP10, y que además la medida considera que el consumo de leña de salamandras y chimeneas se traspasa a estufas.

Al aplicar simultáneamente las medidas independientes (M1, M3, M4, y M6) se logra una reducción del 75% de las emisiones, respecto de la evolución sin medidas.



9. REFERENCIAS

- [1] VITAE Encuesta del uso de Leña en Temuco y Padre Las Casas. CONAMA IX 2001.
- [2] Dr. Manfred Hellwig, Depto Mecánica Universidad de Concepción.
- [3] CONAMA “Mediciones meteorológicas y de calidad de aire en Temuco y Rancagua para la obtención de antecedentes técnico-científicos para la generación de la norma de calidad primaria para material particulado fino MP2.5. CENMA 2000
- [4] New York State Energy Research "Developments In Continuous Fine Particle Mass Monitoring: Sample Equilibration And Differential Particle Sampling". Development Authority, 2003.
- [5] CONAMA, “Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en las regiones V, VI y IX de Chile”, CENMA-CONAMA, 2001.
- [6] CONAMA, “Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas”, Universidad de Concepción, 2002.
- [7] H.Hartmann, “Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen”, Landtechnik Weihenstephan, TUM, 2000; y Launhardt, T.; Hurm, R.; Schmid, V.; Link, H.: Dioxin- und PAK-Konzentration in Abgas und Aschen von Stückholzfeuerungen, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Bd Materialien 142. München: 1998.
- [8] COSUDE-ENIE Informe del proyecto Fase II. Visita técnica Hansjorg Sommer, Peter Bucher, René Grossman. 31 al 4 de abril 2003.
- [9] Lissette Flores, “Aplicación de un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos para estimar el impacto sobre la calidad del aire de las emisiones de material particulado, en la ciudad de Temuco”, Tesis Ingeniería Civil en Geografía, Universidad de Santiago de Chile, 2002.
- [10] Environment Canterbury, “Christchurch Inventory of Air Emissions – 1999” Report No. R01/28 ISBN 1-86937-428-2, 2001.
- [11] Environment Canterbury, “Timaru inventory of air emissions – 2001 Report No. R01/29 ISBN 1-86937-429-0”, 2001.
- [12] USEPA AP-42 “Residential emission factors for residential wood combustion”, 1996.



-
- [13] Environment Australia, “Woodheater Emissions Management Program for the Tamar Valley –Scoping Study”, 2001.
 - [14] Thomas Nussbaumer, “Combustion and Co-combustion of biomass: Fundamentals, Technologies, and primary measures for emissions reduction”, 2003.
 - [15] Facultad de Arquitectura de la Universidad de Chile “Estudio de Riesgos para la Comuna de Temuco”
 - [16] Municipalidad Temuco, “Estudio de densidades y caracterización socioeconómica”, 2001.
 - [17] SECTRA, “Plan de desarrollo del sistema de transporte urbano de la ciudad de Temuco”. 1999
 - [18] Todd J, “Impact of Pollution Controls on Woodheater Emission Factors, In-house Fuelwood”. Report No. 59. Centre for Environmental Studies, University of Tasmania, Hobart. 1997
 - [19] CONAMA, “Estudio: Análisis de subsidio al gas natural de red en el sector residencial de ciudades con problemas ambientales”. 2002