

1.INTRODUCCIÓ

1.1 Motivacions que m'han portat a escollir aquest tema

Els vehicles són imprescindibles en el nostre dia a dia per a desplaçar-nos a la feina, anar a l'escola, poder anar de vacances i moltes altres coses. Sense pensar-hi, l'objectiu que perseguim cada cop que agafem un vehicle és arribar el més aviat possible, però sobretot arribar en condicions òptimes, al nostre destí. La seguretat és un pilar fonamental en la conducció. Amb els sistemes de seguretat existents molts accidents de trànsit acaben en un esglai, o una anècdota, o un petit incident, però en alguns casos és encara inevitable la tragèdia. Això, ens indica que encara queda molt per millorar en aquest aspecte.

Personalment, tot el que engloba l'automobilisme sempre m'ha despertat inquietud i admiració, ja que des de que era ben petit mirava les curses de fórmula 1 al menjador de casa, i quan veia un cotxe esportiu pel carrer sempre me l'he quedat mirant amb fascinació. Tot i així la meua passió per la velocitat i els cotxes esportius m'ha fet preguntar-me a mi mateix: tots aquests cotxes són prou segurs? Els automòbils, en general, van ben equipats en cas que es produeixi un accident? Aquestes dos qüestions m'han portat a investigar sobre algun dels aspectes de la seguretat dels automòbils i les innovacions en aquest camp. Amb aquest punt de partida, i sempre tenint en compte les meves possibilitats, he enfocat el meu treball cap a una introducció en el camp dels sensors de proximitat aplicats a la seguretat de l'automòbil.

Per dur a terme aquest projecte he enfocat el treball cap a una realització més pràctica ja que bàsicament ha consistit en implementar un sensor de distància. Per a poder fer aquesta implementació no he disposat de cap altre material que no sigui el que tenia a casa. Per exemple, en comptes d'utilitzar una càmera de vídeo he fet servir la càmera del portàtil per anar agafant imatges del vehicle des de diferents distàncies de forma no seqüencial. Els programes que he utilitzat per al càlcul de distàncies són lliures (gratuïts), i per tant no he disposat de grans paquets informàtics professionals. El programari utilitzat ens ha permès obtenir la funció (en forma de gràfica) que relaciona la distància amb el vehicle del davant amb l'amplada de la matrícula.

Finalment voldria afegir que he pogut comptar amb l'ajut del meu pare en la realització de la implantació del sensor de distància, sobretot pel que fa a la instal·lació i la utilització dels programes informàtics que he utilitzat i sobre els quals ell té coneixement. També he pogut comptar amb el seu ajut quan m'han sorgit dubtes durant la realització del treball.

1.2 Objectius

Actualment el concepte de seguretat a l'automòbil que té la gent va molt lligat al funcionament i a la utilització del cinturó de seguretat, o a l'estat dels pneumàtics, frens i altres elements mecànics dels vehicles. Generalment el coneixement sobre

les noves tecnologies incorporades a l'automòbil no és massa gran pels usuaris que no son especialistes en aquest tema. Els nous elements de seguretat, com per exemple els sensors de distància, han fet un gran avenç en els darrers temps. És per això que m'he proposat els següents objectius:

- Estudiar les noves tecnologies (i més específicament els sensors) utilitzades en l'àmbit de seguretat de l'automòbil.
- Quins són els sistemes de seguretat més àmpliament utilitzats en la indústria de l'automòbil.
- Desenvolupar un sensor de distància.

Segurament el tercer és l'objectiu primordial d'aquest treball de recerca, que està relacionat amb la implementació a nivell pràctic d'un sensor de distància basat en tècniques molt bàsiques de visió per computador.

Un cop acabat tot el procediment pràctic i obtinguda la funció que relaciona la distància amb el vehicle del davant i l'amplada de la placa de la matrícula que apareix en la imatge del vehicle s'han realitzat una sèrie de proves que m'han ajudat a extreure una sèrie de conclusions pel que fa al rendiment i a la utilitat del sensor de distància implementat.

1.3 Metodologia

La metodologia que he emprat ha estat molt variada i sempre depenia del treball que estava realitzant en un moment determinat, tant pel que fa a l'estudi de la informació teòrica com pel que fa a les diferents fases del treball experimental. Tal com he comentat anteriorment, he pogut rebre l'ajut del meu pare donada la seva experiència en l'àmbit de la recerca.

Pel que fa a la part teòrica, m'he recolzat en diferents llocs web que he anat trobant i anotant al llarg del desenvolupament del treball. Aquests llocs web es corresponen principalment a institucions oficials autonòmiques, estatals i internacionals (europees i americanes), i també a llocs web d'empreses, fabricants i fins i tot d'algun centre de recerca, relacionats tots ells amb la tecnologia aplicada a la seguretat de l'automòbil.

Fent referència a la part pràctica, que en el meu cas ocupa una gran part del treball de recerca, he centrat tota la feina en la implementació i en l'experimentació d'un sensor de distància. Per a poder treballar aquest aspecte he ideat un experiment que m'ha permès agafar dades per a construir la funció distància al vehicle del davant – amplada de la placa de matrícula en la imatge, i he hagut de treballar alguns conceptes molt senzills relacionats amb la visió per computador i la programació utilitzant diferents programes informàtics que tenia a disposició. Amb tot plegat he pogut realitzar un anàlisi que m'ha permès veure si el sensor implementat és més eficient en distàncies més llargues o més curtes, i també m'ha permès determinar a partir de quines distàncies deixa de ser útil.

1.4 Problemes que m'han sorgit al llarg d'aquest treball

En general considero que no ha estat un treball que m'hagi portat molts de problemes de realització. I quan ha sorgit algun problema l'he pogut solucionar amb prou rapidesa. Per altra banda, el material utilitzat per a la part pràctica estava a la meua disposició, i el programari utilitzat no ha estat difícil d'obtenir.

Un dels aspectes que he hagut d'abordar ha estat pensar en com realitzar l'experiment (muntatge del “*setup*”), que s'ha pogut resoldre de forma rudimentària utilitzant el meu ordinador portàtil sobre una cadira (per simular una ubicació raonable de la càmera en el vehicle), cinta mètrica, i cinta americana per anar ubicant les marques de distància sobre l'asfalt.

Un altre aspecte que puc explicar ha estat que em vaig trobar amb la sorpresa que les imatges que capturava mitjançant el meu ordinador portàtil no podien ser obertes pel programa de tractament d'imatges **Sherlock**. En aquest cas es tractava d'un problema de format de les imatges. L'ordinador portàtil captura les imatges en format *bitmap* (.BMP) de 24 bits, i la versió del programa **Sherlock** utilitzada pot obrir imatges en format *bitmap* de 8 bits. Aquest problema es va arreglar utilitzant un programa auxiliar lliure que vaig trobar a la web que em va permetre canviar el format de les imatges, el **BMP Picture Maker**.

Altres problemes que he tingut estaven relacionats amb els dubtes que han anat apareixent a l'anar fent el treball. Aquests dubtes estaven relacionats amb el funcionament dels programes utilitzats pel tractament de les imatges, i també en algunes de les tècniques utilitzades per a la detecció de la matrícula en les imatges capturades, i que ja estaven directament a la meua disposició en el programa **Sherlock**. El meu pare m'ha ajudat força en aquest sentit.

Una altra dificultat que vaig haver de superar va ser trobar la forma d'obtenir la funció distància – amplada de la matrícula en la imatge, tal com em va suggerir el tutor en una de les revisions del treball. Al final he optat per obtenir la funció fent diferents trams lineals entre els punts que he obtingut en la part experimental del treball.

Tal com he dit al principi, han anat apareixent problemes que ha pogut anar resolen amb més o menys dificultats i ajut, però no n'hi ha hagut cap que m'hagi impedit anar avançant normalment en el desenvolupament del treball de recerca.

2. LA SEGURETAT DE L'AUTOMÒBIL

2.1 Els accidents de trànsit

Segons l'Organització Mundial de la Salut, 800.000 persones moren cada any en el nostre planeta per culpa dels accidents de tràfic i casi 20 milions en surten ferides. A Europa, cada any moren 60.000 persones a la carretera, i a Espanya, el nombre de víctimes arriba a 15.000 a l'any [1].

Els sistemes de seguretat evolucionen d'una manera excel·lent, però aquesta progressió tan ràpida fa que els conductors es sentin més segurs i per tan, que es sentin confiats a l'hora d'augmentar la velocitat del seu vehicle pensant que no passarà res o que en cas que passés, es condueix un vehicle segur, i les conseqüències poden ser mínimes. Aquesta causa i algunes altres com poden ser l'alcohol o l'excés de confiança fan que es realitzin més imprudències que provoquen finalment els accidents.

Segons la Direcció General de Trànsit (DGT) del Ministeri de l'Interior, i a Seguretat Viària dels Mossos d'Esquadra [2] s'ha pogut fer un estudi sobre el numero de víctimes a les carreteres, quins són els mesos amb més índex de mortalitat, quin és el vehicle que causa més víctimes i quines són les principals causes dels accidents.

Any 2010	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Nº Accidents	124	86	103	97	141	127	155	166	139	156	130	124

Taula 1. Accidents mortals mensuals durant l'any 2010

Com hem dit abans, es pot veure que els mesos de l'any amb més accidents son els de l'estiu (juliol i agost). Aquests mesos son molt complicats donat l'elevat nombre d'operacions de sortida i de retorn.

Respecte l'any 2010, en el que portem de 2011, l'índex de mortalitat a les carreteres ha baixat més d'un 7% ja que els avisos de precaució viaria, els canvis normatius i les sancions per infringir els límits de velocitat a les diferents carreteres i altres infraccions en la circulació viaria són molt més rigoroses.

L'evolució del nombre d'accidents en els darrers anys es pot veure en la següent taula.

ANY	ACCIDENTS URBANS	ACCIDENTS INTERURBANS
2000	146	530
2001	155	467
2002	141	460
2003	148	453
2004	126	373
2005	144	345
2006	130	319
2007	119	288
2008	102	251
2009	96	231

Taula 2. Accidents urbans i interurbans a Catalunya des de l'any 2000 fins el 2009

Els accidents urbans són més reduïts ja que els vehicles accidentats no arriben a tanta velocitat ja que es troben al mig de la ciutat. En canvi, els accidents interurbans causen més víctimes per culpa de les velocitats que agafen els vehicles a les autopistes, autovies etc.

2.2 Causes principals dels accidents al nostre país

Com s'ha dit anteriorment, la tecnologia en els automòbils ha tingut una progressió impressionant. Cada cop hi ha més models d'automòbils, més prestacions, més sistemes de seguretat de tot tipus, però també més desconeixement del vehicle de part del conductor. Aquest avenç tecnològic ha aconseguit corregir molts dels problemes dels vehicles de la última dècada. Però... un vehicle tecnològicament avançat no és més segur si no s'utilitza correctament !!

Hi ha un conjunt de causes que faciliten els accidents de tràfic, entre elles les més importants són [3]:

1) Excés de confiança: Cada vegada més, els automòbils que circulen tenen incorporacions de nous airbags o l'ajut dels ABS, això fa que els conductors del vehicle tinguin molta tendència a sentir-se excessivament segur. La controvèrsia es troba en que avui en dia els vehicles incorporen un elevat nombre de tecnologies diverses, i els conductors d'aquests vehicles en tenen molt poca informació i coneixement.

2) Conductors desinformat: els conductors que adquireixen un nou vehicle queden gairebé superats per la quantitat de dispositius tecnològics i de seguretat que els ofereix la casa comercial. El problema que sovint pot aparèixer és pensar que porten un cotxe molt segur que els fa infringir alguna normativa de seguretat de forma involuntària, com pot ser l'excés de velocitat en zones de trànsit lent o simplement no detectar la necessitat de posar-se el cinturó de seguretat, causant de moltes de les víctimes mortals a la carretera.

3) Excessiva comoditat: Els últims models d'automòbil de les diferents marques comercials han creat vehicles que no fan soroll, que no vibren, amb uns seients

que són còmodes, on el conductor se sent molt confortable i amb la sensació de no haver recorregut molts quilòmetres. Aquest confort pot ser també contraproductiu i ajudar a provocar determinats accidents per distracció o per cansament.

Per altre banda, les persones que condueixen diferents automòbils no canvien la seva forma de conduir, encara que passin a conduir un cotxe més segur.

4) Consum d'alcohol: Cada any moren milers de persona per aquest motiu. L'alcohol és la principal font de mortalitat a la carretera sobretot entre els joves de 18-25 anys. Aquest és l'aspecte en que Seguretat Vial s'ha centrat més en aquest últims anys. Les campanyes publicitàries, les noves normatives de la llei de Seguretat Vial i l'enduriment de les sancions per taxa d'alcoholèmia han pogut reduir els accidents en els últims dos anys, però es considera que encara queda molta feina i progrés per fer.

2.3 La incorporació de noves tecnologies a l'automòbil

Ja fa temps que la conducció és una de les activitats centrals de la nostra vida, per anar a treballar, anar de vacances, mantenir-se en contacte amb els nostres amics, i poder transportar els nostres béns i mercaderies. No obstant, la conducció també comporta problemes molt importants, com són la congestió de trànsit, l'impacte ambiental, i el fet que les nostres vides ens podrien canviar de forma immediata, a causa d'un accident de trànsit. Els conductors desitgen poder conduir de forma més fàcil i amb menys problemes, amb menys retards, i, sobretot, reduint les possibilitats d'accidents.

Les tecnologies basades en la informació i les comunicació (TIC), permeten cada cop més la construcció de vehicles i infraestructures per a la conducció intel·ligents que formen part de la nova oferta de solucions avançades per al transport per carretera d'avui. Aquests sistemes intel·ligents poden ajudar el conductor en les tasques de conducció, i per tant en prevenir o evitar els accidents o mitigar-ne els seus efectes. Poden oferir als conductors informació en temps real sobre la xarxa viària (per evitar així la congestió de trànsit i permetre optimitzar un desplaçament), o ajuts per a la millora del rendiment del motor (millorant així l'eficiència energètica). A més hi ha proves clares que les inversions en aquestes tecnologies porten associats grans canvis socials (per exemple la possibilitat de generar nous llocs de treball), i per tant beneficis econòmics.

La seguretat viària s'ha convertit en una preocupació social molt important, i els fabricants de cotxes han fet un esforç molt important per millorar la seguretat passiva i la seguretat activa en els darrers 15 anys. En la Figura 1 es pot apreciar la incidència de les noves tecnologies en els diferents aspectes del disseny d'un automòbil [4]. Les institucions europees han estat realitzant anàlisi sobre els accidents de trànsit sota 3 punts de vista: el comportament dels usuaris, els sistemes de prevenció d'accidents, i les diferents situacions i factors de conducció. Aquests estudis han de permetre obtenir un llistat de les causes principals dels accidents de trànsit, sobre les quals s'haurà d'actuar.

Tendències de producte a l'automoció

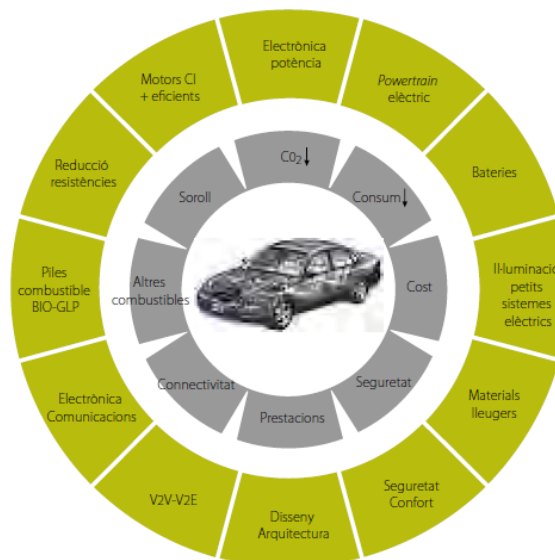


Fig.1. Incorporació de les tecnologies en els vehicles verds [2]

Els sistemes intel·ligents poden ajudar a resoldre alguns dels problemes relacionats amb el transport per carretera d'Europa. Aquests sistemes fins i tot poden proporcionar un suport a la conducció als conductors que permeti evitar determinats accidents, i fins i tot contactar els serveis d'emergència de forma automàtica en cas d'accident. Aquests sistemes intel·ligents també poden ser utilitzats per a obtenir informació dels sistemes electrònics de gestió del trànsit o per a l'optimització del rendiment del motor, millorant així l'eficiència energètica i reduint la contaminació.

Es pot fer la següent classificació entre els diferents tipus de sistemes intel·ligents per a la conducció [5]:

1) Sistemes Intel·ligents per la seguretat del vehicle

- Sistemes per detectar fatiga en els conductors
- Sistemes de vigilància dels vianants
- Sistemes de detecció de les condicions del voltant del vehicle (Per exemple, el sistema que pot determinar a quina distància està el vehicle del davant, o ajudi a mantenir una determinada distància de seguretat)

2) Sistemes Cooperatius per a la seguretat vial

- Comunicacions entre vehicles
- Comunicacions entre vehicles i la infraestructura (instal·lacions en la carretera)
- Mercat de la telemàtica dels vehicles (conjunts de fabricants d'electrònica que treballen en sistemes de seguretat per l'automòbil)

3) Sistemes de localització per a la seguretat vial

- e-safety (sistemes que comuniquen automàticament la posició d'un vehicle accidentat)
- Trucades d'emergència automàtiques (e-Call, és un sistema de localització molt utilitzat en les diferents cases comercials, i que ja s'ha convertit en una aplicació fixa en els diferents models de vehicles que hi ha al mercat).

2.3.1 Els 10 sistemes de seguretat més importants

Segons Automeia [6], una web dels Estats Units que tracta sobre temes relacionats amb l'automoció, els 10 sistemes de seguretat més importants del mercat actual són els següents, en ordre decreixent:

- 10. Trucada d'emergència automàtica per part del vehicle quan hi ha un accident.
- 9. Compliment de les lleis de conducció en relació amb l'alcohol i les drogues. Desenvolupament de sensors de resposta ràpida, capaços de detectar la taxa d'alcoholèmia del conductor.
- 8. El fre de disc. En un futur pròxim els automòbils tindran la capacitat de frenar en menor temps. D'altra banda, el procés d'accelerar requerirà més temps que ara.
- 7. La detecció de l'estat de conservació dels pneumàtics. El mal estat dels pneumàtics és una de les causes que es podrien evitar amb un bon manteniment, o amb uns pneumàtics més eficients.
- 6. Estructura / xassís deformable. La rigidesa d'un vehicle també és determinant en les col·lisions. Com més rígids és l'estructura d'un vehicle, més energia de l'impacte han d'absorbir els passatgers. Per això, cal millorar l'estructura de l'automòbil de forma que el vehicle absorbeixi més energia si es produeix un impacte.
- 5. Airbags. Són molt eficients a les parts internes del cotxe. S'està estudiant una manera de traslladar-los al para-xocs frontal dels vehicles.
- 4. Accés limitat dels vehicles a diferents tipus de carreteres segons el seu pes. S'està treballant en classificar les carreteres i autopistes per tal que cotxes i camions no coincideixin en una mateixa via. D'aquesta manera es pretén evitar que en cas de col·lisió, el vehicles més petits no en surtin encara més perjudicats.
- 3. Control d'estabilitat. Millorar l'estabilitat del cotxe és un dels punts més importants en els que s'està treballant en les diferents cases comercials, per poder corregir la traçada en cas que es detecti que aquesta sigui errònia.

- 2. Cinturons de Seguretat. Els cinturons són molt importants ja que salven moltes vides, però tot i això, no anem del tot ben fixats al seient. S'està estudiant la possibilitat d'utilitzar els cinturons dels vehicles de competició d'una manera més estandarditzada.
- 1. Control del Vehicle per Computador. Fins al moment, l'ésser humà ha conduït els vehicles de forma totalment manual, i sense ajut de cap dispositiu electrònic que pugui determinar, per exemple, si la persona al volant està en condicions de conduir. És per aquest motiu que s'estan començant a introduir ordinadors als automòbils no per substituir però si per ajudar al conductor a millorar la seva conducció, i poder corregir els comportaments anormals o perillosos per a la seguretat dels passatgers. Fora del camp de l'automoció hi ha un exemple clar d'aquest concepte en la col·laboració entre un robot mèdic i el cirurgià que realitza la intervenció quirúrgica. En aquest cas concret, el cas del sistema quirúrgic *Da Vinci* [7] quan el cirurgià fes moviments amb els instruments que poguessin resultar perjudicials pel pacient el robot de suport (sense substituir al doctor) pot corregir aquestes anomalies de forma automàtica. Un exemple clar que s'aplica en aquest àmbit mèdic són els sistemes robotitzats que compensen la tremolor que puguin tenir les persones.

En la Taula 3 es presenten aquests 10 sistemes de seguretat agrupats segons la classificació de l'àmbit de seguretat presentada en la introducció d'aquest apartat:

Sistemes Intel·ligents per la seguretat del vehicle	Sistemes Cooperatius per a la seguretat vial	Sistemes de localització per a la seguretat vial
9. Compliment de les lleis de conducció en relació amb l'alcohol i les drogues	4. Accés limitat als vehicles segons el seu pes	10. Resposta ràpida del cotxe en cas d'emergència
8. Fre de disc		
7. Pneumàtics		
6. Estructura Deformable		
5. Airbags		
3. Control Estabilitat		
2. Cinturons de seguretat		
1. ORDINADOR DE CONTROL		

Taula 3. Classificació d'aquests 10 sistemes de seguretat segons l'àmbit de seguretat

A la taula anterior podem veure que els sistemes de seguretat en l'àmbit de sistemes intel·ligents per la seguretat del vehicle són els que tenen més projecció de progrés ja que són els més utilitzats actualment i que se'n té un coneixement més profund. En canvi, els sistemes de seguretat que fan referència a transmissió de dades entre un vehicle i un altre (no apareix cap sistema d'aquest en la taula) o entre un vehicle i una central d'informació vial són sistemes més desconeguts i s'han posat en pràctica poques vegades, per això és necessària tenir-ne un coneixement més ampli per poder després proposar-ne millores.

El punt més important, com ja era de preveure, és la introducció d'un Ordinador de Control en el vehicle ja que aquest element pot resultar clau en tots els sistemes de seguretat anteriorment esmentats. Una Computadora dins el vehicle comporta un òrgan intel·ligent intern que pot ajudar en tots els aspectes de seguretat, ja sigui en la detecció de l'estat del conductor (fatiga del conductor), com per intercanviar informació amb un altre vehicle pròxim o per enviar senyals o dades a una central d'informació vial en cas de que hi hagi un accident.

2.3.2 Un Cas Pràctic Real. Un exemple d'empresa tecnològica que desenvolupa sistemes per a la seguretat de l'automòbil

FICOSA és un grup multinacional dedicat a la recerca, desenvolupament, producció i comercialització de sistemes i components per a vehicles [8].

Tecnologia del futur: l'empresa incorpora en els seus dissenys i productes la tecnologia més avançada dels camps de l'electrònica, la programació i la mecatrònica. L'empresa disposa d'equips d'enginyers i de tècnics especialitzats que ideen innovacions pioneres en el sector del desenvolupament de mòduls avançats de seguretat, confort i comunicacions per l'automòbil Intel·ligent, els sistemes que anomenen ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*).

Entre els sistemes més destacats n'hi ha dos:

LDW (*Lane Departure Warning*) - Alerta de Canvi de Carril, consistent en un sistema intel·ligent basat en càmera que adverteix als conductors de canvis de carril involuntaris (provocats per distraccions, somnolència, etc.)

En la Figura 2 s'il·lustra el funcionament del LDW. Es pot veure com el sistema detecta les línies de la carretera que limiten el carril de circulació.



Figura 2. LDW. Detecció de les línies que limiten el carril de circulació.

El sistema consisteix en un petit computador i una càmera que està integrada en el mirall interior del cotxe. La càmera rastreja les línies que limiten el carril, i el sistema envia un senyal d'advertència al conductor (vibració en el seient i en el volant i alarma sonora i lluminosa) quan el vehicle surt dels límits i no està activat el sistema d'intermitents. El vehicle està mesurant constantment la distància del vehicle a les dues línies de límit. El sistema funciona en condicions de conducció normals tant de dia com de nit.

BSD (*Blind Spot Detector*) - Detector d'angle cec. Aquest sistema s'anomena també LCA (*Lane Change Assistant*) – Assistent de Canvi de Carril. Aquest sistema s'utilitza per ajudar al conductor a evitar col·lisions provocades per l'aparició d'un vehicle en la zona d'angles cecs del retrovisor.

El sistema utilitza una càmera digital intel·ligent incorporada en els retrovisors exteriors, mirant enrere, i monitoritzant constantment la zona corresponents a aquests angles cecs. El sistema també funciona en la foscor. En aquest cas opera detectant els llums dels vehicles que apareixen en els angles cecs. El sistema proporciona les advertències al conductor just abans dels canvis de carril, al posar els intermitents, que és quan el vehicle es troba en risc. El sistema distingeix entre objectes fixos (no perillosos) i els objectes mòbils realment perillosos (els

vehicles). El fet que el vehicle disposi d'aquest sistema no eximeix al conductor de mirar el retrovisor abans de realitzar qualsevol maniobra. La distància de detecció és de 4 x 3,5 m. En la Figura 3 es mostra el concepte associat al sistema BSD.



Fig. 3. El vehicle vermell es troba en l'angle cec del vehicle groc, i es genera una situació de risc.

Com a complement, mencionar que en la pàgina web de l'empresa hi ha un enllaç molt interessant per a fer reflexionar al públic en general sobre els coneixements que hi ha sobre automòbils i conducció intel·ligent. Aquest lloc web és molt interessant doncs s'introdueixen molts conceptes interessants de seguretat.

http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar/quiz/icarapplication.htm

2.4 Tecnologia: Els Sensors de Distància

Un sensor és un dispositiu capaç de mesurar magnituds físiques o químiques, anomenades variables d'instrumentació i transformar-les en variables elèctriques. Les variables d'instrumentació poden ser per exemple: temperatura, intensitat lumínica, distància, acceleració, inclinació, desplaçament, pressió, força, torsió, humitat, pH, etc. Una magnitud elèctrica pot ser una resistència elèctrica (com en una RTD), una capacitat elèctrica (com en un sensor d'humitat), una tensió elèctrica (com en un termoparell), un corrent elèctric (com en un fototransistor), etc [9]. Aquesta senyal pot ser llegida per un observador o instrument. La gran característica que tenen els sensors, és que són sensibles a determinats estímuls que, en captar-los i eventualment valorar-los, es transmeten com a senyal; anomenada variable d'instrumentació, a un altre dispositiu o sistema, que els utilitza com a informació, bé per a efectuar algun control, algun accionament, etc, bé per elaborar alguna taula, algun gràfic, etc.

La importància dels sensors dins els seus respectius camps és determinant ja que gràcies als valors que s'obtenen d'ells es poden deduir algunes variables de forma directa, i d'altres variables que estan relacionades d'alguna manera amb el que s'està mesurant (mesura indirecta). Com a exemple de mesura indirecta, es pot citar la relació que s'utilitza en la part experimental d'aquest treball de recerca: Si es pot mesurar la mida d'un objecte conegut (per exemple la placa de matrícula d'un cotxe, que fa 52 x 11 cm), es pot relacionar aquesta mesura amb la distància a la que ens trobem d'aquest objecte. Així, la mida de l'amplada de la placa de matrícula és una mesura indirecta de la distància al cotxe que porta la matrícula.

Evidentment es poden distingir molts tipus de sensors, que mesuren valors de moltes variables diferents, però aquest treball està relacionat concretament amb els sensors de distància doncs són uns sensors a destacar dins el món de la seguretat en la conducció del vehicle. A més el treball experimental del projecte

està relacionat amb el desenvolupament d'una metodologia per l'obtenció de la distància entre un vehicle i un altre que es troba al seu davant. De fet, el valor de la distància entre dos vehicles es pot utilitzar per com a mesura de seguretat per a la reducció del risc de col·lisió.

Sensor de distància: Dispositiu que determina la distància a la que es troba un objecte ubicat dins el seu rang de funcionament, sense necessitat que hi hagi contacte.

Podem distingir diferents tipus de sensors de distància:

- 1) **Òptics:** Son aquells sensors que mesuren la distància a l'objecte utilitzant mesures indirectes, mitjançant un dispositiu òptic com ara una càmera (el sensor de distància òptic és el sensor que treballarem a la part pràctica del treball).
- 2) **Infrarojos i ultrasònics:** Son sensors que emeten ones d'alta freqüència (per sobre de la freqüència del so, o bé en la freqüència de la llum infraroja) per a determinar la distància que hi ha entre el sensor i l'objecte. És un sensor molt utilitzat en els automòbils per a determinar la distància entre els diferents costats del cotxe i els objectes del voltant. quan es fa la marxa enrere per estalviar al conductor de mirar per el mirall retrovisor. En la Figura 4 es mostra aquest concepte.



Fig.4. Sensor de distància per ultrasons. El sensor avisa que la distància entre el vehicle i l'objecte es troba dins el marge de perill.

3. TREBALL EXPERIMENTAL

3.1 Metodologia

Aquesta part del projecte consisteix en simular un sistema de seguretat per determinar la distància que hi ha amb el vehicle de davant i avisar-nos a temps quan per a qualsevol causa es redueix excessivament la distancia entre el nostre vehicle i el del davant. S'ha de definir acuradament quin és el marge de seguretat tenint en compte el que pot marcar la normativa. Aquest sistema pot formar part dels sistemes intel·ligents per a la seguretat del vehicle.

Per a poder realitzar un primer prototipus d'aquest sistema s'ha pensat en una proposta en la qual s'utilitzen tècniques de visió artificial [10] molt senzilles. Aquestes tècniques també es poden trobar en sistemes de seguretat proposats per cases comercials reconegudes, com és per exemple l'anomenada anteriorment FICOSA, o també els sistemes "Audi Side Assist", "Opel Eye" o el "Volkswaguen Lane Assist".

Per a la realització d'aquest prototipus s'han utilitzat recursos que estaven a l'abast: bàsicament un ordinador portàtil i la càmera web que porta incorporada i una cinta mètrica. Amb aquest material serà possible adquirir imatges de vehicles a diferents distàncies i processar-les tot fent els càlculs necessaris per a determinar aquestes distàncies i poder-les contrastar amb les mesures reals. És necessari disposar d'un element que tingui unes mesures ben conegudes, i que aparegui en tots els vehicles. En aquest cas s'ha optat per la placa de la matrícula que té unes mides, fixades per la legislació, de 52 x 11 cm. A més, les imatges de l'experiment s'han de capturar totes amb la mateixa càmera per a què el sistema funcioni correctament.

També es necessari un programa per processar les imatges, en aquest cas s'ha utilitzat el **Sherlock**. De programes per processar imatges n'hi ha molts però s'ha utilitzat el **Sherlock** perquè es un programa gratuït i el teníem a disposició. També s'han utilitzat altres programes gratuïts de suport, com ha estat el cas del **BMP Picture Maker**, per a canviar les imatges de format, i també el programa **MATLAB** per a la realització de càlculs matemàtics.

3.2 Procediment experimental

S'ha implementat un sistema per a determinar la distància a que es troba el vehicle del davant en un entorn real de circulació, basat en un sistema de visió per computador. Per a la realització de les proves s'ha utilitzat un muntatge experimental que està format per una càmera que va capturant les imatges del vehicle que es troba al davant, i un programa que fa tots els càlculs de distàncies de forma automàtica.

Al no disposar de pressupost per poder adquirir aquest equip, s'ha utilitzat la càmera de l'ordinador portàtil domèstic per a la captura de les imatges de la placa

de la matrícula del cotxe des de diferents distàncies, una cinta mètrica per anar mesurant la distància real entre el sistema i el vehicle del davant, i el cotxe particular com a model per anar agafant imatges sobre la dimensió de la matrícula.

En la Figura 5 es poden veure diferents detalls del experiment que s'ha portat a terme.



Fig. 5. Diferents detalls per al muntatge experimental del sistema per a la determinació de la distància entre un vehicle i el vehicle del davant: Ordinador, cinta mètrica i vehicle.

Un cop es disposa del muntatge, es realitzen diferents mesures de distància amb la cinta mètrica i es van adquirint les imatges del vehicle corresponents a cada una d'aquestes distàncies. La primera mesura de distància es realitza molt a prop del cotxe. Aquest procés es va repetint incrementant la distància entre l'ordinador que captura les imatges, i el vehicle, fins a arribar als 25 metres aproximadament (cada distància s'ha anotat amb cm). A partir de 25 metres la placa de matrícula ja no es distingeix clarament en les imatges, i ja es fa molt difícil fer el tractament necessari per a obtenir informació, tal com es veu a la Figura 6.



Fig. 6. Imatge del vehicle del davant capturada a 25 m de distància

Al final de l'experiment, s'emmagatzemen el conjunt d'imatges adquirides en una carpeta de l'ordinador posant de títol les diferents distàncies per poder saber de quina distància estem parlant quan les processem a l'ordinador.

3.3 El processament de les imatges

Un cop tenim totes les imatges guardades i etiquetades segons la distància amb la que han estat fetes ja es disposa de les dades principals amb les quals es pot

començar a treballar amb el programa informàtic que emula un sensor de distància.

Tal com s'ha comentat anteriorment s'utilitza el programa **Sherlock** (*IPD Codeco Imaging Incorporated*), que permet processar les imatges prèviament capturades amb una càmera. Quest programa permet obtenir paràmetres de les imatges capturades que resulten molt útils per a determinar la distància al vehicle del davant: la llargada i l'amplada de la matrícula per a cada una de les imatges corresponents a cada una de les distàncies.

Una de les propietats que presenta el programa **Sherlock** és que les imatges d'entrada han de ser de tipus *bitmap* de 8 bits per cada un dels píxels que forma la imatge. D'altra banda les imatges capturades per la càmera de l'ordinador portàtil són de tipus *bitmap* de 24 bits per píxel. Això suposa la necessitat de canviar el format de les imatges per passar-les de 24 bits/píxel a 8 bits/píxel, reduint considerablement la grandària d'aquestes imatges. Això ha comportat la utilització d'un programa (lliure) de conversió de format que redueixi la capacitat de les imatges (fent així que la resolució sigui inferior, però del tot suficient). Aquest programa és el **BMP Picture Maker**.

Un cop les imatges han estat canviades de format, poden ser processades per tal de determinar les mides (en píxels) de la matrícula en cada imatge, i per a les diferents distàncies. Com és de preveure, la dimensió de la matrícula serà més gran quan treballem amb una imatge propera al vehicle i més petita quan estigui més lluny. Aquestes mides que s'obtenen, i que es contrasten amb la distància real obtinguda amb la cinta mètrica, serveixen per poder simular el sensor de proximitat. D'altra banda l'experiment també serveix per determinar per a quines distàncies el sistema pot treballar de forma adequada i per a quines no sembla apropiat. En la Figura 7 (a l'esquerra) es pot veure un exemple del resultat de l'execució del programa **Sherlock**, on es pot apreciar la finestra que s'obre sobre la matrícula del vehicle per a determinar les mides en píxels (que es mostren en la finestra de sota, anomenada *strategy*). En la Figura 7 (a la dreta) es mostra un detall del programa **BMP Picture Maker**.

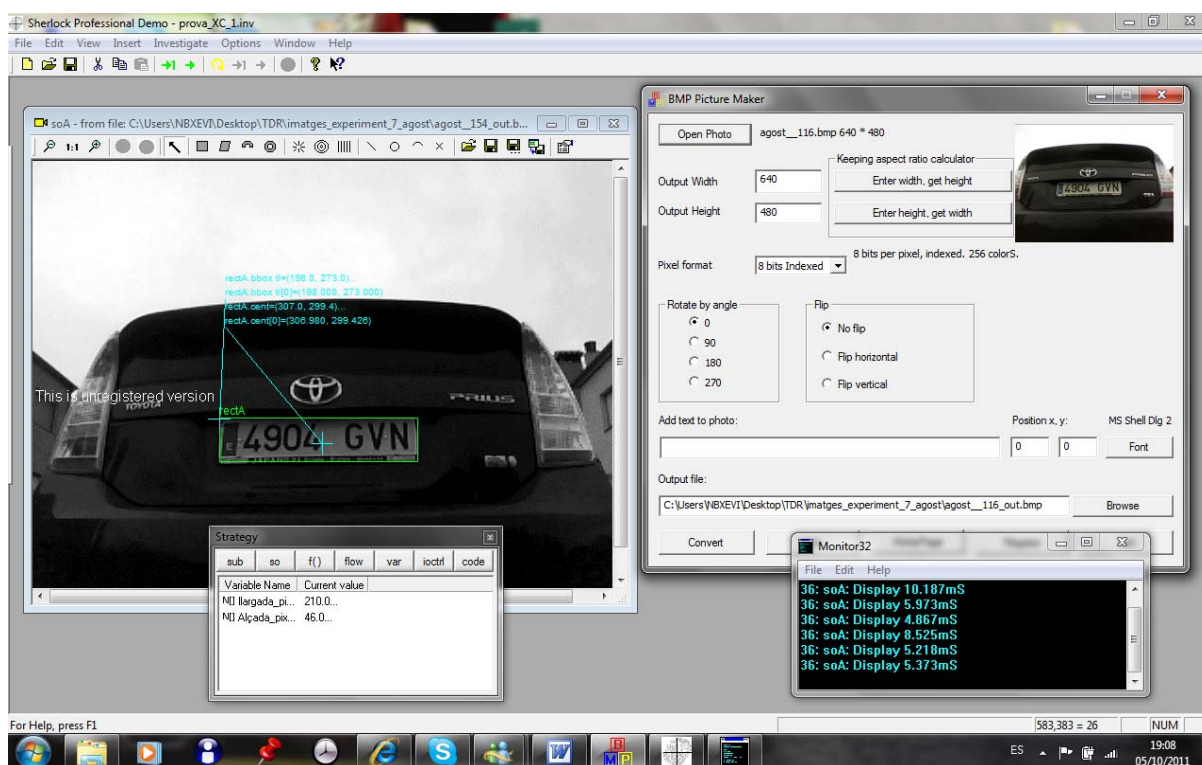


Fig. 7. Detalls dels programes utilitzats per al desenvolupament del sistema per a determinar la distància al vehicle del davant (sherlock i BMP Picture Maker)

3.4 Gràfica de l'Estudi Experimental

S'ha utilitzat el **Sherlock** per obtenir les diferents mesures de la matrícula a diferents distàncies. Aquest conjunt de imatges han proporcionat informació suficient com per poder realitzar una taula amb tots els valors d'amplada de matrícula (en píxels) relacionats amb la distància del vehicle (en cm), i s'han pogut representar-los com una funció. Aquesta funció també permet veure si el sistema es pot utilitzar en totes les distàncies, com si fos un sensor real comercial.

En cas que la funció hagués sigut lineal i hagués set una recta per a tots els punts voldria dir que el mètode és vàlid per a totes les distàncies. El que passa en realitat no és això, i s'ha pogut apreciar que la funció adoptava algun tipus de forma parabòlica, que es pot interpretar com que variacions importants de la distància no es reflecteixen en variacions importants de l'amplada en píxels de la matrícula. Aquest fet indica que en aquests trams es podrien produir errors grans en la mesura, la qual cosa significa que les mides de l'amplada de matrícula proporcionades pel programa deixen de ser útils per a determinar la distància. El resultat ha estat el que es veu en la taula 4. En la taula 5 es poden veure diferents imatges del vehicle a diferents distàncies, tal com s'han utilitzat en l'experiment, i en la gràfica que representa la funció distància – amplada de la matrícula (a la dreta) de la Figura 8.

Distància (cm)	Amplada de la matrícula (píxels)
125	258
146	221
154	210
174	186
189	174
196	165
200	163
230	146
253	132
281	119
284	118
300	113
325	104
354	95
370	90
400	85
415	82
431	79
447	77
465	75
483	72
500	69
600	59
700	47
800	44
900	38
1000	34
1100	32
1200	28

Taula 4. Distància (en cm) – Amplada de la matrícula (en píxels)



Taula 5. Diferents imatges del vehicle a diferents distàncies

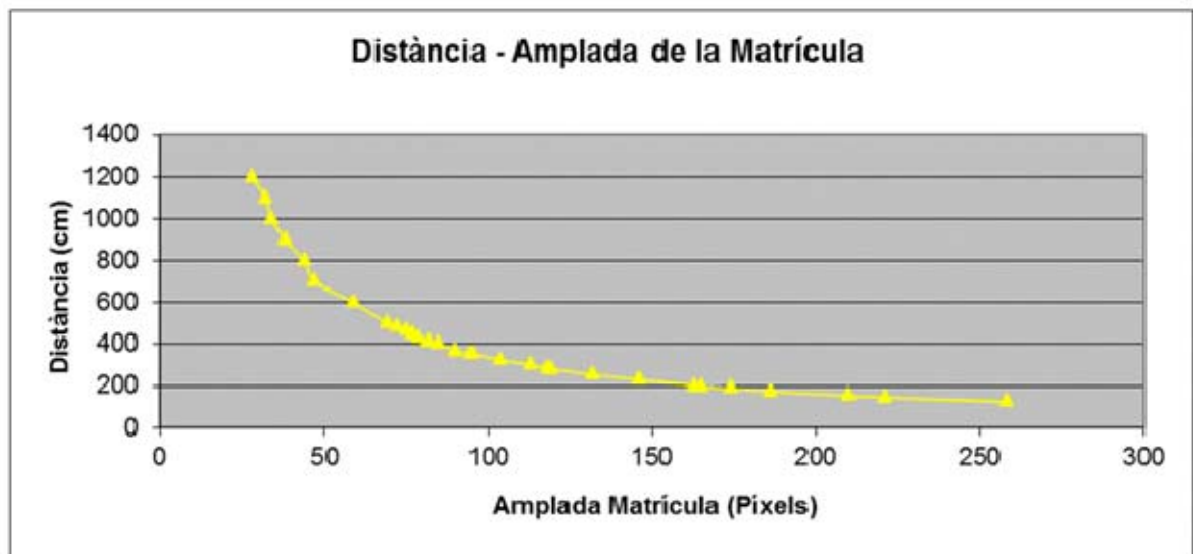


Fig. 8. Les dades de distància – amplada de matrícula obtingudes i la funció distància (cm) – amplada de matrícula (píxels)

Com podem observar en la imatge de la Figura 8, la funció té un comportament parabòlic i per sota de 50 píxels d'amplada els valors de la distància ja són molt grans. En aquesta franja de la gràfica, petites variacions en l'amplada de la matrícula signifiquen grans variacions en la distància. Això vol dir que a partir d'una distància determinada (expressada en cm), els canvis en l'amplada de la matrícula ja no són tan apreciables, la qual cosa indica que els càlculs que es puguin realitzar poden presentar molt d'error.

Aquesta gràfica, com hem pogut veure anteriorment mostra com s'ha simulat un sensor de distància que funciona adequadament en curtes distàncies, és a dir, que és fiable fins més o menys els 10 metres.

3.5 El procediment automàtic per a la determinació de la distància utilitzant tècniques de visió per computador.

El que es pretén a continuació és poder determinar el valor de la distància a la que es troba el vehicle del davant per a qualsevol situació de conducció.

En un cas general, quan s'ha de determinar la distància al vehicle del davant, el sistema que s'ha dissenyat ha de realitzar les següents etapes:

- a) Prendre una imatge de l'escena

- b) Cercar i reconèixer automàticament la matrícula del vehicle d'entre tots els objectes que hi apareixen
- c) Determinar l'amplada de la placa de matrícula
- d) Entrar aquest valor a la funció Distància – Amplada Matrícula, per tal de poder determinar finalment quin és el valor de la distància obtingut.

3.5.1 Adquisició de les imatges: aquest procés s'hauria de realitzar normalment amb una càmera integrada en la part davantera del vehicle (o en el retrovisor ubicat en el parabrises davanter). En el nostre cas, s'utilitza la càmera de l'ordinador portàtil utilitzat per a realitzar aquest treball de recerca.

3.5.2 Cerca i reconeixement automàtic de la matrícula del vehicle: Aquest procés és una de les parts principals del treball de recerca. Un cop adquirida la imatge aquesta es carrega en el programa **Sherlock** on s'executa una aplicació (anomenada "investigació") que s'ha desenvolupat per a resoldre específicament aquest problema. Aquesta investigació consisteix en una sèrie de procediments que s'executen un a continuació de l'altre, i que es corresponen cada un a diferents processaments que es realitzen sobre la imatge d'entrada i que ajuden a trobar la matrícula. Es pot veure la finestra investigació a la dreta de la Figura 9.

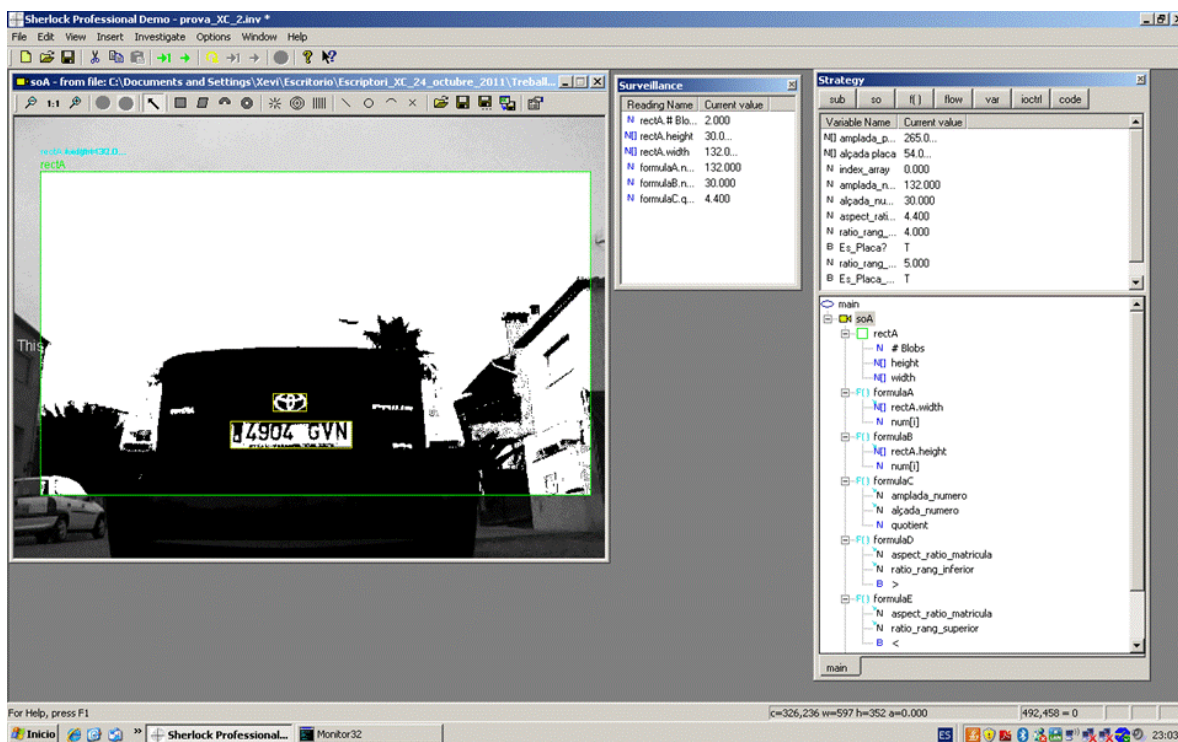


Fig. 9. Imatge corresponent a la pantalla del programa Sherlock, on apareix a la dreta la finestra Investigació, amb els diferents procediments.

Aquests procediments són els següents:

Binarització de la imatge: Aquest és un procediment que s'utilitza per a simplificar la imatge d'entrada. El processament que es realitza en aquest cas és convertir la imatge d'entrada en una altre imatge molt més simplificada on cada píxel (que té un valor determinat corresponent a un nivell de gris) pot prendre ara només dos valors diferents corresponents als dos extrems de la gama: 0 (negre) o 255 (blanc), si es treballa amb 8 bits. És a dir, els píxels de la imatge que tenen un valor de nivell de gris inferior a un valor de llindar (el valor del llindar és 50 en el cas d'aquesta aplicació) es converteixen en píxels negres (el seu valor és el mínim, 0), mentre que els píxels que tenen un valor de nivell de gris superior a aquest llindar es converteixen en píxels blancs (el seu valor és el màxim, 255 en el cas d'imatges de 8 bits).

Un píxel de una imatge en blanc i negre (B/N) pot tenir, en 8 bits, qualsevol valor comprès entre 00000000 (0: negre) i 11111111 (255: blanc). Els valors intermedis (els corresponents als que van entre 0 i 255) es corresponen a nivells de gris de diferents matisos (del més fosc al més clar).

Una imatge binaritzada pot tenir doncs només dos valors, i això la fa molt més senzilla i que ocupi menys espai en la memòria de l'ordinador. El procediment de binarització es realitza en aquest cas per ressaltar els elements de la imatge que son clars (i per contrastar-los molt més amb els objectes foscos). La placa de matrícula és un objecte que té el fons clar, i és convenient ressaltar-la, tal com es pot veure en la Figura 10.



Fig. 10. Imatge d'una placa de matrícula. A l'esquerra la imatge original, i a la dreta la imatge binaritzada.

Anàlisi de Connectivitat: Un cop la imatge està binaritzada es disposa d'elements (*blobs*), o grups de píxels, que apareixen de color blanc i de color negre. En aquest cas cal parar atenció en els *blobs* blancs (la placa de matrícula és un dels *blobs* blancs de la imatge). El programa **Sherlock** disposa de instruccions que permeten l'obtenció dels diferents paràmetres que presenten els diferents *blobs* escollits. En el cas concret d'aquesta aplicació, s'ha comprovat que son interessants els agrupaments de píxels de color blanc, que presenten una amplada entre 50 i 300 píxels, i una alçada d'entre 0 i 100 píxels. Els que no presenten aquestes propietats ja no es tenen en compte en el processament de la finestra dins la imatge.

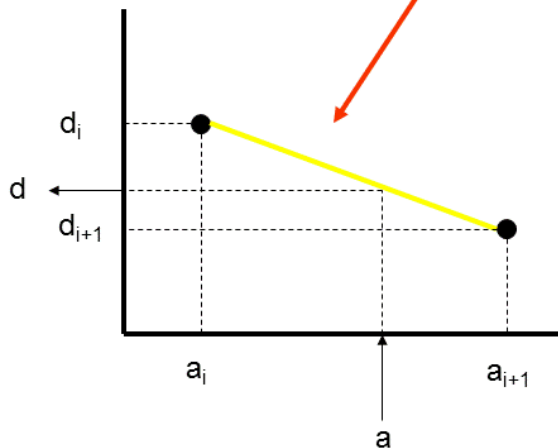
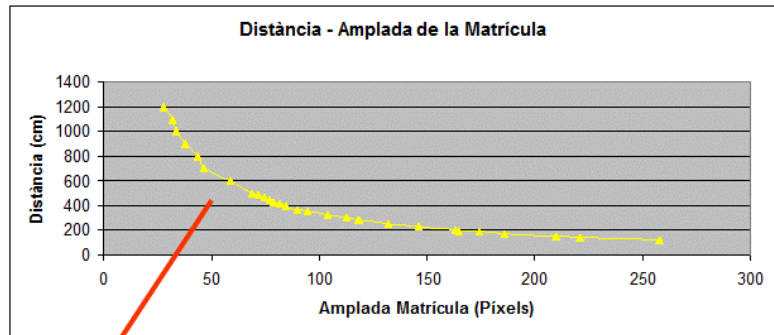
Els que compleixen amb aquestes restriccions s'ordenen per amplada de més gran a més petit, i es considera el primer de la llista en aquesta classificació, és a dir, aquest és el que apareix marcat en la imatge (es pot veure la marca groga que envolta la matrícula en la imatge del vehicle de la Figura 10). Normalment queda marcada la zona de la matrícula del vehicle (que és la zona d'interès de la imatge), i aleshores es determina l'amplada del rectangle que circumscriu la placa de matrícula, que és el paràmetre bàsic per a determinar la distància al vehicle.

3.5.3 Determinació de l'amplada de la placa de matrícula: El procediment de l'apartat anterior s'acaba amb una comprovació per a determinar que el rectangle groc es correspon a una zona on hi ha una placa de matrícula. Aquesta comprovació consisteix en dividir l'amplada del rectangle per l'alçada del mateix. Aquesta divisió ha de donar un valor aproximat de 4,7, que es correspon a la relació existent entre l'amplada (52 cm) i l'alçada (11 cm) d'una matrícula real, imaginant que el procediment de captura de la imatge no distorsiona aquests valors. Si es dona el cas, aleshores el valor de l'amplada de la matrícula (en píxels) queda validada.

3.5.4 Determinació del valor de la Distància al vehicle del davant utilitzant la Funció Distància – Amplada Matrícula: Un cop es dona per bo el valor de l'amplada de la placa de matrícula, aleshores cal utilitzar la funció Distància – Amplada Matrícula, obtinguda en la fase experimental de l'experiment per a l'obtenció de la distància, que és el paràmetre que interessa. Per a poder obtenir aquests valors seria necessari conèixer quina és l'expressió matemàtica de la funció, és a dir conèixer $d=f(a)$. Tal com s'ha pogut veure, no es tracta d'una funció que presenti un comportament lineal, i com que no es coneix l'expressió matemàtica de la funció, s'ha optat per linealitzar la funció per trams. Com que es disposa d'un nombre prou important de punts, l'error que es realitza amb aquesta aproximació no és massa important.

Linealització per trams de la funció $d=f(a)$. En la Figura 11 s'il·lustra aquest procediment de linealització per trams.

Linealització per
trams de la
FUNCIÓ
DISTÀNCIA



$$d = \frac{d_i - d_{i+1}}{a_{i+1} - a_i} (a_{i+1} - a) + d_{i+1}$$

Ens ho proporciona
el programa
desenvolupat amb
Sherlock

Fig. 11. Linealització per trams de la funció $d=f(a)$ obtinguda en la fase experimental.

Aquesta expressió s'ha obtingut utilitzant conceptes trigonomètrics. De fet, si s'observa l'angle de la dreta del triangle es poden obtenir les següents expressions, si es considera la tangent:

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{d_i - d_{i+1}}{a_{i+1} - a_i} = \frac{d - d_{i+1}}{a_{i+1} - a} \quad (\text{Equació 1})$$

$$d = \frac{d_i - d_{i+1}}{a_{i+1} - a_i} (a_{i+1} - a) + d_{i+1} \quad (\text{Equació 2})$$

De la segona igualtat de l'equació 1 podem aïllar la distància **d**, i obtenir la fórmula que apareix en l'equació 2. Tal com es pot veure, si el programa **Sherlock** proporciona el valor de **a** (amplada de la matricula en píxels), i es posa aquest valor d'**a** a l'expressió de **d** que apareix en la Figura 9, s'obté la distància al vehicle del davant en cm.

Programa per a realitzar la linealització per trams. En l'apartat anterior es mostra com fer la linealització d'un dels trams de la funció. Per a fer la linealització de tots els trams s'ha fet un programa en **MATLAB** (**MA**trix **LAB**oratory). Aquest software és molt ampli i poderós (abasta molts àmbits de les matemàtiques i de la tecnologia), però disposa d'un llenguatge propi de programació que és molt

adequat per a les matemàtiques, i fàcil d'utilitzar. A més, s'ha tingut l'oportunitat d'utilitzar-lo lliurement.

Tal com es pot veure a continuació, en la Figura 12, el programa realitza la linealització de tots els trams existents en la funció, i calcula la distància en funció de l'interval en que es troba el valor d'amplada determinat pel programa **Sherlock**. Es pot veure que s'utilitza l'expressió de la distància **d** que apareix en l'equació 2.

<pre>% Esborrar tot l'espai de treball i variables: clear all; close all; % Aquí hauriem de definir els trams de la funció distància (en cm)- amplada (en pixels) % proporcionats per la gràfica extreta del treball experimental % Definició dels diferents trams a1=258; d1=125; a2=221; d2=146; a3=210; d3=154; a4=186; d4=174; a5=174; d5=189; a6=165; d6=196; a7=163; d7=200; a8=146; d8=230; a9=132; d9=253; a10=119; d10=281; a11=118; d11=284; a12=113; d12=300; a13=104; d13=325; a14=95; d14=354; a15=90; d15=370; a16=85; d16=400; a17=82; d17=415; a18=79;</pre>	<pre>% Aquí hem de proporcionar el valor de l'amplada en píxels de la nova imatge % que proporciona el programa Sherlock a=input ('amplada imatge nova proporcionada per Sherlock=') if (a>=a2) & (a<a1) d=(((d2-d1)/(a1-a2))*(a1 - a))+d1 elseif (a>=a3) & (a<a2) d=(((d3-d2)/(a2-a3))*(a2 - a))+d2 elseif (a>=a4) & (a<a3) d=(((d4-d3)/(a3-a4))*(a3 - a))+d3 elseif (a>=a5) & (a<a4) d=(((d5-d4)/(a4-a5))*(a4 - a))+d4 elseif (a>=a6) & (a<a5) d=(((d6-d5)/(a5-a6))*(a5 - a))+d5 elseif (a>=a7) & (a<a6) d=(((d7-d6)/(a6-a7))*(a6 - a))+d6 elseif (a>=a8) & (a<a7) d=(((d8-d7)/(a7-a8))*(a7 - a))+d7 elseif (a>=a9) & (a<a8) d=(((d9-d8)/(a8-a9))*(a8 - a))+d8 elseif (a>=a10) & (a<a9) d=(((d10-d9)/(a9-a10))*(a9 - a))+d9 elseif (a>=a11) & (a<a10) d=(((d11-d10)/(a10-a11))*(a10 - a))+d10 elseif (a>=a12) & (a<a11) d=(((d12-d11)/(a11-a12))*(a11 - a))+d11 elseif (a>=a13) & (a<a12) d=(((d13-d12)/(a12-a13))*(a12 - a))+d12 elseif (a>=a14) & (a<a13) d=(((d14-d13)/(a13-a14))*(a13 - a))+d13 elseif (a>=a15) & (a<a14) d=(((d15-d14)/(a14-a15))*(a14 - a))+d14 elseif (a>=a16) & (a<a15) d=(((d16-d15)/(a15-a16))*(a15 - a))+d15 elseif (a>=a17) & (a<a16) d=(((d17-d16)/(a16-a17))*(a16 - a))+d16 elseif (a>=a18) & (a<a17) d=(((d18-d17)/(a17-a18))*(a17 - a))+d17 elseif (a>=a19) & (a<a18) d=(((d19-d18)/(a18-a19))*(a18 - a))+d18 elseif (a>=a20) & (a<a19) d=(((d20-d19)/(a19-a20))*(a19 - a))+d19</pre>
--	---

<pre> d18=431; a19=77; d19=447; a20=75; d20=465; a21=72; d21=483; a22=69; d22=500; a23=59; d23=600; a24=47; d24=700; a25=44; d25=800; a26=38; d26=900; a27=34; d27=1000; a28=32; d28=1100; a29=28; d29=1200; </pre>	<pre> elseif (a>=a21) & (a<a20) d=(((d21-d20)/(a20-a21))*(a20 - a))+d20 elseif (a>=a22) & (a<a21) d=(((d22-d21)/(a21-a22))*(a21 - a))+d21 elseif (a>=a23) & (a<a22) d=(((d23-d22)/(a22-a23))*(a22 - a))+d22 elseif (a>=a24) & (a<a23) d=(((d24-d23)/(a23-a24))*(a23 - a))+d23 elseif (a>=a25) & (a<a24) d=(((d25-d24)/(a24-a25))*(a24 - a))+d24 elseif (a>=a26) & (a<a25) d=(((d26-d25)/(a25-a26))*(a25 - a))+d25 elseif (a>=a27) & (a<a26) d=(((d27-d26)/(a26-a27))*(a26 - a))+d26 elseif (a>=a28) & (a<a27) d=(((d28-d27)/(a27-a28))*(a27 - a))+d27 elseif (a>=a29) & (a<a28) d=(((d29-d28)/(a28-a29))*(a28 - a))+d28 else input ('valor amplada en píxels fora dels límits de la funció\n') end % Falta REPRESENTAR EL VALOR DE LA DISTANCIA d </pre>
--	---

Fig. 12. Llistat del programa de linealització per trams utilitzant MATLAB

Per a il·lustrar el funcionament del programa es pot posar un exemple. Si es dona el cas que el programa desenvolupat amb **Sherlock** proporciona un valor d'amplada de $a = 170$ píxels.

Aquest valor de $a = 170$ està comprés entre $a6 = 165$ píxels i $a5 = 174$ píxels (dos valors de la funció que s'havien obtingut en la fase experimental), i que es corresponen amb els valors $d6 = 196$ cm i $d5 = 189$ cm. Això indica que el valor de distància d que es correspon amb aquest valor de l'amplada de 170 píxels estarà entre 189 cm i 196 cm, és a dir ja es pot tenir clar a quin tram de la funció es correspon.

Aleshores tenint en compte l'equació 2, o el que és el mateix, el programa amb **MATLAB** que hi ha en la Figura 10 aquest cas és el que apareix a continuació, és a dir, el valor de a compleix la següent condició:

$elseif (a \geq a6) \& (a < a5) // a \text{ és més gran o igual que } a6 \text{ i més petita que } a5$
 $d = (((d6 - d5) / (a5 - a6)) * (a5 - a)) + d5$

aleshores l'expressió de d és la que posa la segona línia de programa, que és:

$$d = \frac{196 - 189}{174 - 165} (174 - 170) + 189 = 194 \text{ cm}$$

És a dir, el vehicle del davant es troba aproximadament a 194 cm, pel fet que el valor de l'amplada de la placa de matrícula proporcionat pel programa desenvolupat en **Sherlock** és 170 píxels. En la Figura 13 es mostra la pantalla del programari **MATLAB**, on s'ha executat l'aplicació **distancia**. El programa demana quina és l'amplada en píxels de la placa de matrícula (proporcionada pel programa **Sherlock**), i proporciona el valor de la distància.

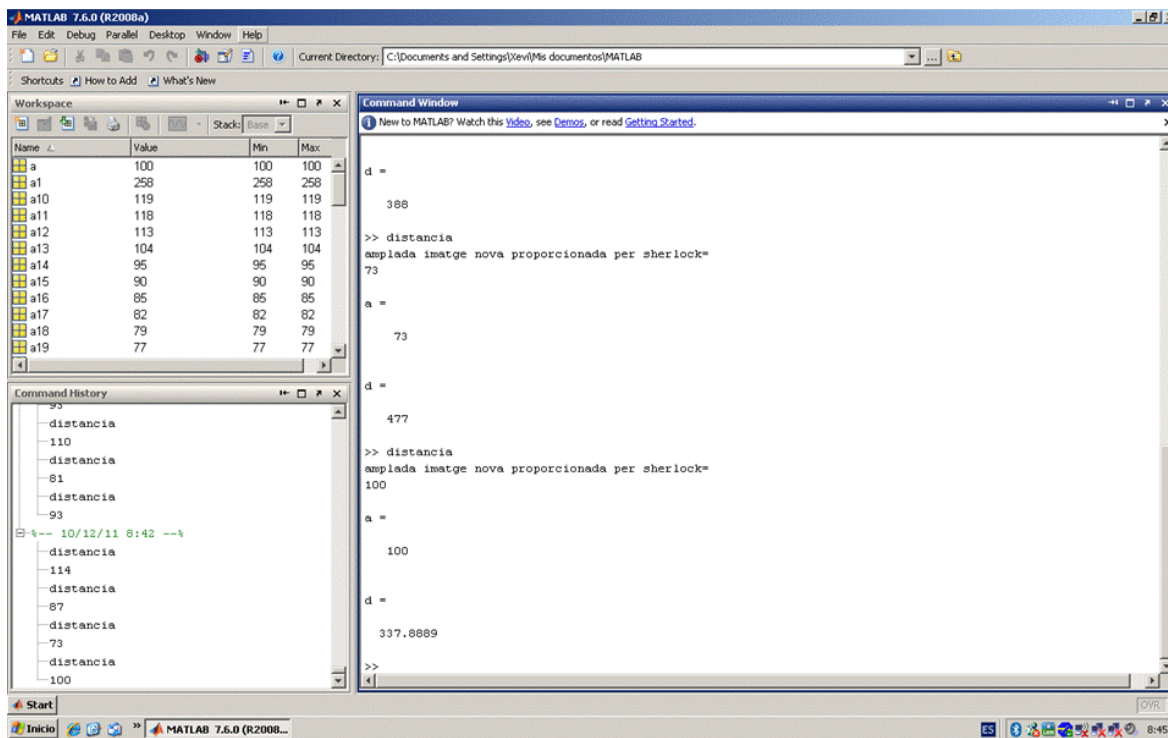



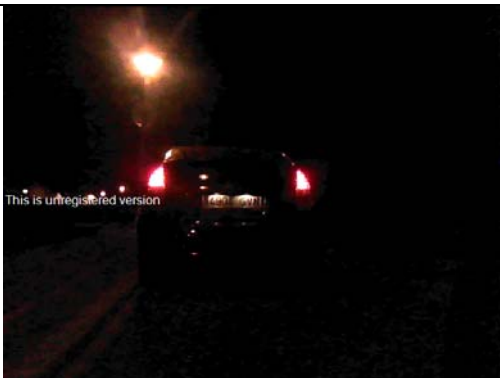

Fig. 13. Pantalla del programari MATLAB, on s'ha executat el programa distancia.

3.6 Alguns Resultats

En la següent taula (taula 6) es mostren alguns exemples de l'obtenció de distància amb el vehicle del davant utilitzant el procediment que s'ha explicat en els apartats anteriors, en diferents condicions (diferents hores del dia i diferents condicions climàtiques).

L'equació 3 es correspon amb la fórmula de l'error que s'ha utilitzat:

$$error = \frac{|dist.real - dist.estimada|}{dist.real} \cdot 100 \quad (\text{equació 3})$$

 <p>OPEL CORSA BLAU</p>	 <p>TOYOTA PRIUS (nit)</p>
<p>Distància real: 347 cm Distància estimada: 360 cm Error: 3,75 %</p>	<p>Distància real: 444 cm Distància estimada: 420 cm Error: 5,41 %</p>
 <p>TOYOTA TT (nit, iluminat)</p>	 <p>PEUGEOT 206 (de cara)</p>
<p>Distància real: 280 cm Distància estimada: 297 cm Error: 6,07 %</p>	<p>Distància real: 405 cm Distància estimada: 477 cm Error: 17,8 %</p>

Taula 6. Alguns resultats d'obtenció de la distància al vehicle del davant.

En la següent taula (taula 7) es mostren alguns exemples on la mesura de la distància no s'ha pogut obtenir per diferents raons que han impedit la detecció clara de la placa de matrícula en la imatge.

 <p>FORD FOCUS (Gris)</p>	 <p>HYUNDAI (Blanc)</p>
<p>Causa d'error: la placa de matrícula no es detecta completament (zona de la "E") i es confon amb el xassís (pel color).</p>	<p>Causa d'error: la placa de matrícula no es detecta completament (zona de la "E"). El color del xassís no ajuda.</p>
 <p>TOYOTA PRIUS (nit, sense il·luminació)</p>	 <p>PEUGEOT 206 (blanc)</p>
<p>Causa d'error; la placa de matrícula es detecta en 2 <i>blobs</i> de píxels.</p> <p>Es detecten 2 zones de placa de matrícula</p>	<p>Causa d'error: es confon completament la placa de matrícula amb el xassís (pel color).</p> <p>No es pot detectar placa de matrícula.</p>

Taula 7. Exemples on es mostra que la distància al vehicle del davant no s'ha pogut obtenir, o s'ha obtingut erròniament.

4. CONCLUSIONS

- Amb el desenvolupament d'aquest treball de recerca he aconseguit treballar amb els objectius que m'havia proposat al principi: He estudiat les noves tecnologies que s'utilitzen en l'àmbit de la seguretat de l'automòbil, he pogut analitzar quins són els sistemes de seguretat que s'utilitzen de forma general en els automòbils, tot i que m'he concentrat en els sensors de distància i m'he introduït en els sistemes de visió per computador. Finalment he pogut desenvolupar un mètode que m'ha permès obtenir mesures de la distància entre dos vehicles, que podria ser utilitzada en un sistema de conducció basat en ordinador (frenada automàtica, advertiments al conductor, etc.)
- Els errors que es produeixen quan el programa detecta la placa de matrícula correctament són força acceptables (entre 5% i 6 %), però en alguns casos aquests valors són molt més elevats. Es creu que en aquests casos s'ha fet algun error en la mesura real de la distància, amb la cinta mètrica.
- No sempre es detecta la placa de matrícula dels vehicles dels quals es mesura la distància. Aleshores la mesura de la distància no es pot obtenir. Això és degut a les diferents condicions en què es prenen les diferents imatges (condicions d'il·luminació, bàsicament). Seria necessari investigar molt més per a millorar aquest aspecte, i que el programa pugues detectar automàticament molts més casos. Per altra banda, aquest és un problema típic de les aplicacions de visió per computador que depenen molt de les condicions d'il·luminació.
- Aquest projecte no està pensat per detectar distàncies amb les plaques de matrícula que no són les estàndard. Les plaques que no tenen les dimensions de 52 x 11 cm (corresponents a motocicletes i alguns vehicles) es podrien detectar però donarien valors de distància erronis doncs tot el procediment s'ha pensat per ser utilitzat amb les plaques de matrícula de 52 x 11 cm. El procediment també donaria problemes per detectar les matrícules de diferents colors. En alguns casos es detectarien i en altres no.
- La mesura de distància al vehicle del davant que s'obté és fruit de 4 etapes que no estan automàticament connectades entre elles:
 - S'ha d'adquirir una imatge
 - S'ha de canviar el format d'aquesta imatge (utilitzant el programa **BMP Picture Maker**)
 - S'ha d'obtenir l'amplada en píxels de la placa de la matrícula (utilitzant el programa **Sherlock**)
 - S'ha d'obtenir el valor de la distància (utilitzant el programa **distancia** i el programari **MATLAB**)

És a dir, que per obtenir la distància cal passar per aquests 4 processos manuals. I el resultat que s'obté en una d'aquestes etapes, evidentment influeix en les següents etapes.

- Tots aquests fets mostren que encara que el procediment utilitzat és correcte, quedaria molta feina per fer per tal que aquesta proposta de sensor de distància pogués ser un sensor real que es pogués instal·lar en un vehicle i ser utilitzat normalment.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] "Organización Mundial de la Salud"
http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/es/
8/12/2011
- [2] " mossos d'esquadra"
(<http://www.gencat.cat/mossos/>)
6/12/2011
- [3] " motiu d'accidents":
(http://www.seguroscocche.es/seguridad_vehiculo/seguridad_viaria/causasaccident_es_trafico.html)
8/12/2011
- [4] "Els reptes industrials del vehicle verd a Catalunya". Damià Martin, Tomàs Mejia. Llibre. Observatori de Prospectiva Industrial. Generalitat de Catalunya. 2010
- [5] "Intelligent Car Brochure"
(http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar/technologies/das/index_es.htm). 3/7/2011
- [6] "Top 10 security systems"
(http://www.automedia.com/Top_10_Safety_Systems/dsm20061001ss/3)
10/7/2011
- [7] "Sistema Quirúrgico Da Vinci"
(http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Quirúrgico_Da_Vinci) 8/12/2011
- [8] "FICOSA lloc web. Empresa tecnològica de seguretat de l'automòbil"
http://www.ficosa.com/wps/wcm/connect/ficosa/WebPublica_ES
8/12/2011
- [9] "Sensors de distància"
(<http://ca.wikipedia.org/wiki/Sensor>)
10/7/2011
- [10] "Visión por Computador". Arturo de la Escalera. Ed. Prentice-Hall, 2001
ISBN: 9788420530987